

# **UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID**

## **ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**



### **PROYECTO FIN DE CARRERA**

Ingeniería Industrial Eléctrica

**Instalación de línea subterránea de 20 kV,  
centro de transformación interior de 400 kVA  
y red subterránea de baja tensión para  
edificio de 24 viviendas.**

**Autor:** Jesús Cabañas Villarrubia

**Tutor:** Dr. Pablo Ledesma Larrea

Leganés, Diciembre de 2011



## INDICE GENERAL

0. Resumen .....	4
1. Antecedentes y objeto del proyecto.....	5
2. Emplazamiento .....	5
3. Empresa instaladora.....	5
4. Reglamentación y disposiciones oficiales .....	5
5. Red de Media Tensión .....	7
5.1. Empresa suministradora.....	9
5.2. Previsión de potencia.....	9
5.3. Trazado de la red subterránea de Media Tensión .....	9
5.4. Disposiciones oficiales.....	10
5.5. Características de los materiales.....	10
5.5.1. Cables .....	10
5.5.2. Accesorios. ....	11
5.6. Canalizaciones.....	12
5.6.1. Dimensionado.....	14
5.6.2. Arquetas de registro. ....	14
5.6.3. Cinta señalización de peligro. ....	14
5.6.4. Condiciones generales de cruzamientos, proximidades y paralelismos. ....	14
5.7. Calculo eléctrico.....	15
5.8. Derivaciones.....	16
5.9. Puesta a tierra .....	16
5.9.1. Puesta a tierra de cubiertas metálicas.....	16
5.9.2. Pantallas.....	17
5.10. Protecciones.....	17
5.10.1. Protecciones contra sobreintensidades.....	17
5.10.2. Protección contra sobreintensidades de cortocircuito .....	17
5.10.3. Protección contra sobretensiones.....	17
6. Centro de transformación interior de compañía 400 KVA .....	18
6.1. Características generales del centro de transformación.....	19
6.2. Descripción de la instalación .....	20
6.2.1. Obra civil.....	20
6.2.2. Ubicación y accesos.....	20
6.2.3. Elementos constructivos .....	20
6.2.3.1. Características generales .....	20
6.2.3.2. Muros exteriores .....	21
6.2.3.3. Suelo.....	21
6.2.3.4. Acabado.....	21
6.2.3.5. Dimensiones .....	21
6.2.3.6. Ventilación.....	21
6.2.3.7. Carpintería .....	22
6.2.4. Características de la red de alta tensión. ....	22
6.2.5. Características eléctricas del centro.....	22
6.2.5.1. Características del centro de transformación .....	22
6.2.5.2. Características asignadas en alta tensión .....	22
6.2.5.3. Características del líquido dieléctrico.....	24
6.2.5.4. Características asignadas del transformador. ....	24
6.2.5.5. Características asignadas en baja tensión.....	25
6.2.5.6. Tierra de protección. ....	25



6.2.5.7. Tierra de servicio. ....	25
6.2.5.8. Instalaciones secundarias. ....	26
6.2.5.9. Enclavamientos. ....	26
6.2.5.10. Características descriptivas de los cuadros de baja tensión. ....	26
6.2.5.11. Características del material vario de media tensión y baja tensión. ....	28
6.3. Medida de la energía eléctrica. ....	29
6.4. Puesta a tierra. ....	29
6.4.1. Tierra de protección. ....	29
6.4.2. Tierra de servicio. ....	29
6.5. Instalaciones secundarias ....	29
7. Red de distribución subterránea de Baja Tensión. ....	30
7.1. Empresa suministradora. ....	30
7.2. Previsión de cargas. ....	31
7.3. Trazado de las líneas subterráneas de baja tensión. ....	33
7.4. Canalizaciones ....	33
7.5. Cajas generales de protección. ....	35
7.6. Cables. ....	36
7.7. Puesta a tierra del neutro. ....	36
8. Conclusiones. ....	37
9. Referencias y bibliografía. ....	38
 Anexo de cálculos. ....	 39
Pliego de condiciones ....	60
Estudio de seguridad. ....	79
Presupuesto. ....	85

## PLANOS

1. Situación.
2. Acometida subterránea de 20 kV.
3. Caseta de obra civil.
4. Instalación caseta.
5. CTIN 400 KVA.
6. Arquetas y zanjas.
7. Terminales y empalmes.
8. Red de baja tensión.
9. Esquema eléctrico.



## RELACION DE FIGURAS

*Figura 1: CABLE HEPRZ1 12/20 kV de 150 mm<sup>2</sup> de sección.*

*Figura 2: Terminal enchufable en T con contacto atornillable.*

*Figura 3: Tubo corrugado de polietileno y cuatritubo*

*Figura 4: Disposición de los tubos en las canalizaciones a realizar en la red de MT*

*Figura 5: Cruce en calzada de la canalización de MT hasta el CT proyectado.*

*Figura 6: Cinta de señalización de peligro.*

*Figura 7: Emplazamiento y acceso al Centro de Transformación proyectado.*

*Figura 8: Interruptor-seccionador línea e interruptor del transformador.*

*Figura 9: Tierra de protección y Tierra de servicio.*

*Figura 10: Cuadros de Baja Tensión del transformador.*

*Figura 11: Disposición de los tubos en las canalizaciones a realizar en la red de BT.*

*Figura 12: Cajas Generales de Protección.*

*Figura 13: Cable Tipo RV 0,6/1 kV Al.*

*Figura 14: Puesta a Tierra del Neutro.*



## RELACION DE TABLAS

*Tabla 1: Cable HEPRZI 12/20 kV seleccionado para la red de MT.*

*Tabla 2: Características del cable HEPRZI.*

*Tabla 3: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA (Incremento de temperatura 160  $\theta$  en  $^{\circ}\text{C}$ ).*

*Tabla 4: Coeficiente de simultaneidad según el número de viviendas.*

*Tabla 5: Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente y con corriente alterna, de los cables con conductores de aluminio con aislamiento seco enterrados bajo tubo (HEPRZI).*

*Tabla 6: Intensidades de cortocircuito admisibles en el conductor seleccionado, en kA (Incremento de temperatura 145  $\theta$  en  $^{\circ}\text{C}$ ).*

*Tabla 7: Tabla de resultados de la Red Subterránea de Media Tensión.*

*Tabla 8: Tabla de Intensidad nominal de los fusibles para A.T. hasta 36 kV.*

*Tabla 9: Características de los conductores en régimen permanente (Instalación tubular enterrada).*

*Tabla 10: Intensidad nominal del fusible “gG” elegido.*

*Tabla 11: Longitud máxima de cable protegida contra cortocircuitos y sobrecargas*

*Tabla 12: Tabla de resultados de la Red Subterránea de Baja Tensión.*



## RESUMEN

### **0. RESUMEN**

El presente proyecto consiste en el diseño de la instalación de una red de distribución destinada al suministro eléctrico para un edificio de nueva construcción que albergará 24 viviendas.

Para ello se estudian, calculan, justifican y dimensionan las instalaciones eléctricas necesarias para garantizar dicho suministro. La red de distribución incluye una línea subterránea de media tensión de 20 kV, un centro de transformación interior de 400 KVA y una red subterránea de baja tensión.

A partir de la potencia necesaria en la instalación, se calculan el resto de los parámetros eléctricos necesarios para el diseño de todos los elementos que se incluyen en el proyecto.

La redacción y ejecución del proyecto, está basada en el Proyecto Tipo de Línea Subterránea de AT hasta 30 kV; el Proyecto Tipo Centro de Transformación Compacto/Integrado en Edificio de Otros Usos y en el Proyecto Tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión, de ahora en adelante [1], [2] y [3] respectivamente, y las normas de la compañía suministradora, Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.

El motivo por el cual se han de cumplir estas condiciones técnicas, es la necesidad de ceder a esta compañía todas las instalaciones de distribución construidas, para que pasen a formar parte de la infraestructura eléctrica de distribución de la misma.

La Red de Media Tensión proyectada que alimenta al Centro de Transformación proyectado, es subterránea, en canalización bajo tubo, partiendo de un punto de entronque con la red existente, también subterránea, de la compañía suministradora, Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.

El Centro de Transformación es integral de interior de tipo compañía, con un transformador suficiente para dotar de la energía eléctrica demandada, sin necesidad de medición de la misma.

La Red de Baja Tensión es subterránea, enterrada bajo tubo, con inicio en el Centro de Transformación proyectado, y final en las diferentes cajas generales de protección de los bloques de viviendas, necesitando para ello de dos líneas.

El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de 61.301,98 €.



*PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR DE 400KVA Y RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN PARA EDIFICIO DE 24 VIVIENDAS*

## *MEMORIA*



## 1. ANTECEDENTES Y OBJETO DEL PROYECTO

La construcción de un edificio que alberga 24 viviendas en Torrijos (Toledo), crea la necesidad de dotar de suministro eléctrico al mismo.

Es objeto de este proyecto, la redacción de los documentos necesarios para la descripción de las instalaciones que se precisan y la ejecución de las mismas.

Así como, la aplicación de las normas técnicas y reglamentarias que han de servir de base para las instalaciones que se desean realizar en la obra que nos ocupa, con el fin de conseguir una correcta ejecución de las mismas y adaptada a la normativa y exigencias actuales.

Para ello se diseñan una Red Subterránea de Media Tensión de 20 kV, Centro de Transformación Interior de Compañía de 400 KVA y Líneas Subterráneas de Baja Tensión para abastecer de energía eléctrica al edificio en cuestión.

## 2. EMPLAZAMIENTO

El lugar donde se pretende implantar esta actividad, es en la calle A y calle B de Torrijos (Toledo), según plano de situación adjunto.

## 3. EMPRESA INSTALADORA

La ejecución de las obras que son objeto de este proyecto deben ser llevadas a cabo por una empresa instaladora eléctrica, reconocida por los organismos competentes y además debe estar registrada en la Delegación Provincial de Industria de Toledo.

## 4. REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.** Aprobado por Real Decreto 223/2008 y publicado en el B.O.E. 19-03-09.
- **Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.** Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.
- **Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982.** Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.





- **Modificaciones de las Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento.** Publicadas por Orden Ministerial en el B.O.E. nº72 de 24 de marzo de 2000 y la corrección de erratas publicadas en el B.O.E. nº250 del 18 de octubre del 2000.
- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.** Aprobado por **Real Decreto 842/2002**, de 2 de agosto, B.O.E. nº 224 de 18 de septiembre de 2.002.
- **Autorización de Instalaciones Eléctricas.** Aprobado por Ley 40/94, de 30 de diciembre, B.O.E. de 31-12-1994.
- **Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional** y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-94.
- **Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
- **Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio**, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- **Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía**, Decreto de 12 Marzo de 1954 y **Real Decreto 1725/84** de 18 de Julio.
- **Real Decreto 2949/1982** de 15 de Octubre de Acometidas Eléctricas.
- Orden 14-7-97 de la Consejería de Industria, Trabajo y Turismo por la que se establece el contenido mínimo en proyectos técnicos de determinados tipos de instalaciones industriales.
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Ordenanzas municipales del Excelentísimo Ayuntamiento de Torrijos (Toledo).
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.



## 5. RED DE MEDIA TENSIÓN

La energía eléctrica se ha convertido en una parte muy importante de nuestra vida diaria. Sin ella, difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado.

En consecuencia, el desarrollo de las redes de distribución, ya sea mediante líneas subterráneas o aéreas, sus distintas conexiones y consiguientes Centros de Transformación y/o Reparto, son una obra importante para el desarrollo de los municipios y, en general, el sistema eléctrico español, ya que permiten aumentar la capacidad en el suministro de energía eléctrica en los diferentes puntos dónde se ejecutan. Garantizando, de este modo, la dotación de electricidad en los diferentes puntos de consumo, tanto existentes, como futuros.

Las líneas de distribución se encuentran dentro del marco que engloba la Alta Tensión eléctrica, por lo que a continuación se define, el término de alta tensión, así como los distintos tipos de categorías del mismo.

Según el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación [8], se define la Alta Tensión como aquella superior a 1000 V en corriente alterna o 1500 V en corriente continua.

Dentro de esta definición de Alta Tensión, catalogamos las líneas eléctricas atendiendo al rango de tensiones nominales, según Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en líneas eléctricas de alta tensión [5], en:

- Categoría especial: Las líneas de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la red de transporte.
- Primera categoría: Las líneas de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.
- Segunda categoría: Las líneas de tensión nominal inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- Tercera categoría: Las líneas de tensión nominal inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

### Redes de distribución en Media Tensión.

En los círculos profesionales se emplea el término “Media Tensión” para referirse a instalaciones con tensiones entre 1 y 45 kV, “Alta Tensión” cuando se refieren a tensiones entre 66 y 220 kV y “Muy Alta Tensión” para tensiones nominales de 400 kV.

En realidad no existe una definición clara en ningún reglamento de hasta dónde llega la Media Tensión.

La denominación de Media Tensión es usada por las compañías eléctricas para referirse a las tensiones de distribución de sus líneas eléctricas, las cuales finalizan en centros de transformación, donde normalmente se reduce la tensión hasta los 400 V y también en CT de MT/MT de grandes industrias (MT/3-5-6 kV).



La Media Tensión, por tanto, tiene como finalidad principal la distribución de la energía eléctrica en la penúltima fase antes de su consumo.

Cuando hablamos de consumos domésticos o industriales con baja potencia de contratación ( $P < 350 \text{ kW}$ ) la energía se entrega en la modalidad de Baja Tensión (400/230 V); en cambio, en el momento en que el cliente tiene necesidades de mayor potencia, por causas técnico-económicas es preferible hacer esta entrega de energía en Alta Tensión ( $V > 1000 \text{ V}$ ).

Debido a estas particularidades, la compañía de distribución, en el primer caso, debe de realizar una red de Media Tensión donde irá colocando centros de transformación “públicos” para, a través de transformadores reductores y una red de Baja Tensión, ir entregando la energía.

En cambio si el cliente tiene una mayor necesidad de energía la entrega se le realizará en Media Tensión. Él mismo deberá adecuar las instalaciones para recepcionarla. Es aquí donde aparece el centro de transformación de abonado.

La correcta definición de la aparamenta necesaria para poder controlar, maniobrar y transformar esta energía será vital para el buen funcionamiento en términos de seguridad, garantía de servicio y calidad de la instalación.

Debido a la creciente cantidad de energía por distribuir cada vez se utilizan tensiones de línea mayores, que evitan pérdidas por efecto Joule en su transporte.

Las tensiones de distribución dependen de la zona geográfica así como de la empresa suministradora. Las tensiones de distribución más comunes son 15 kV (UF), 20 kV (IB) y 30 kV.

Estas redes son las más utilizadas por las compañías eléctricas para alimentación a Centros de Transformación (C.T.) propios para suministros en Baja Tensión y a CT's de abonados para suministros en M.T. Asimismo, los niveles superiores de alimentaciones (30, 45 y 66 kV de tensión nominal o 36, 52 y 72,5 kV de tensión más elevada) son muy utilizados como suministros en A.T. (redes de 2ª categoría) para abonados de consumos altos (RENFE, METROS, AEROPUERTOS, ETC.).

Los sistemas de distribución más comunes en redes de M.T. suelen ser:

- En antena o punta, línea independiente por suministro desde un punto: una línea, una subestación A.T./M.T. o un centro de distribución de M.T. Cuando es desde una línea se suele llamar también alimentación en T o en Y.

- En bucle abierto, línea común desde un punto de suministro para varios Centros de Transformación que, mediante bucle de entrada y salida, da alimentación a dichos centros.

- En anillo o bucle cerrado, línea común desde dos puntos de suministro para alimentar varios Centros de Transformación que, al igual que en el caso anterior, da alimentación a estos centros.



## 5.1. EMPRESA SUMINISTRADORA

La empresa que dará suministro eléctrico a la instalación que nos ocupa, es IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U. Este se realizará a partir de una Red de Distribución Subterránea de Media Tensión existente en la zona, tal y como puede verse en planos.

La clase de energía será:

Clase de corriente	Alterna trifásica
Frecuencia	50 Hz
Tensión nominal	20 kV
Tensión más elevada para el material	24 kV
Categoría de la red (Según UNE 211435).	Categoría A

## 5.2. PREVISIÓN DE POTENCIA

La red de distribución dimensionada dará servicio eléctrico para una previsión de potencia de 308.25 kW, potencia prevista para el edificio de 24 viviendas de nueva construcción. *Esta potencia se justificará en el posterior apartado 7.2 del presente proyecto.*

## 5.3. TRAZADO DE LA RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

La línea subterránea de Media Tensión, que aportará suministro eléctrico al Centro de Transformación de Interior de Compañía, se realizará desde una Red de Distribución Subterránea de Media Tensión existente de aluminio 12/20 kV, de sección 150 mm<sup>2</sup>, en la C/A que alimenta al Centro de Transformación **CINHERTO 00000**. A esta red se conectarán las líneas de entrada y salida para el Centro de Transformación objeto de este proyecto.

Se realizará con conductor de aluminio de tensión nominal 12/20 kV y de denominación HEPRZ1 12/20 de 150 mm<sup>2</sup> de sección.

### DESCRIPCION DE LA INSTALACION

La instalación objeto del presente estudio queda definida por las siguientes características:

- Tensión de Servicio: 20 kV
- Condiciones de la instalación: Enterrada Bajo Tubo
- Potencia a transportar (dato suministrado por la compañía): 581,43 kW
- Conductor tipo/sección HEPRZ1 12/20 kV de 150 mm<sup>2</sup>
- Longitud instalación proyectada: 11 m.
- Longitud total desde el CT CINHERTO 00000 una vez conectado: 90 m.
- Factor de potencia, cos  $\varphi$ : 0,9



## 5.4. DISPOSICIONES OFICIALES

“A los efectos de Autorizaciones Administrativas de Declaración en Concreto de Utilidad Pública y ocupaciones de terreno e imposición de servidumbres, se aplicará lo previsto en el Capítulo V del Real Decreto 1955/2000, del 1 de diciembre de 2000, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instaladores de Energía Eléctrica, o en su defecto la reglamentación Autonómica que le fuese de aplicación”. [1]

## 5.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A continuación se muestran algunas de las características generales de los cables y accesorios necesarios para la ejecución del proyecto. Las características de los cables y los accesorios son las reflejadas en [1].

Las principales características serán:

- Tensión nominal 12/20 kV
- Tensión más elevada 24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo 125 kV
- Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial 50 kV

### 5.5.1. Cables

“Los cables se ajustarán a la norma UNE HD620 y/o al Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias” [1], las principales características son las siguientes:

- Conductor:** Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022.
- Pantalla sobre el conductor:** Capa de mezcla semiconductora aplicada por extrusión.
- Aislamiento:** Mezcla a base de etileno propileno de alto módulo (HEPRZ1).
- Pantalla sobre el aislamiento:** Una capa de mezcla semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contraespira de cobre.
- Cubierta:** Compuesto termoplástico a base de poliolefina y sin contenido de componentes clorados u otros contaminantes.
- Tipo seleccionado:** El reseñado en la tabla 1.

Tipo constructivo	Tensión Nominal kV	Sección Conductor mm <sup>2</sup>	Sección pantalla mm <sup>2</sup>
HEPRZ1	12/20	150	16

Tabla 1: Cable HEPRZ1 12/20 seleccionado para la red de MT.

Otras características también importantes son:

Sección mm <sup>2</sup>	Tensión Nominal kV	Resistencia Máx. a 105°C Ω /km	Reactancia por fase Ω /km	Capacidad μ F/km
150	12/20	0,277	0,112	0,368

Tabla 2: Características del cable HEPRZI

Temperatura máxima en servicio permanente	105 °C
Temperatura máxima en cortocircuito t < 5s	250 °C

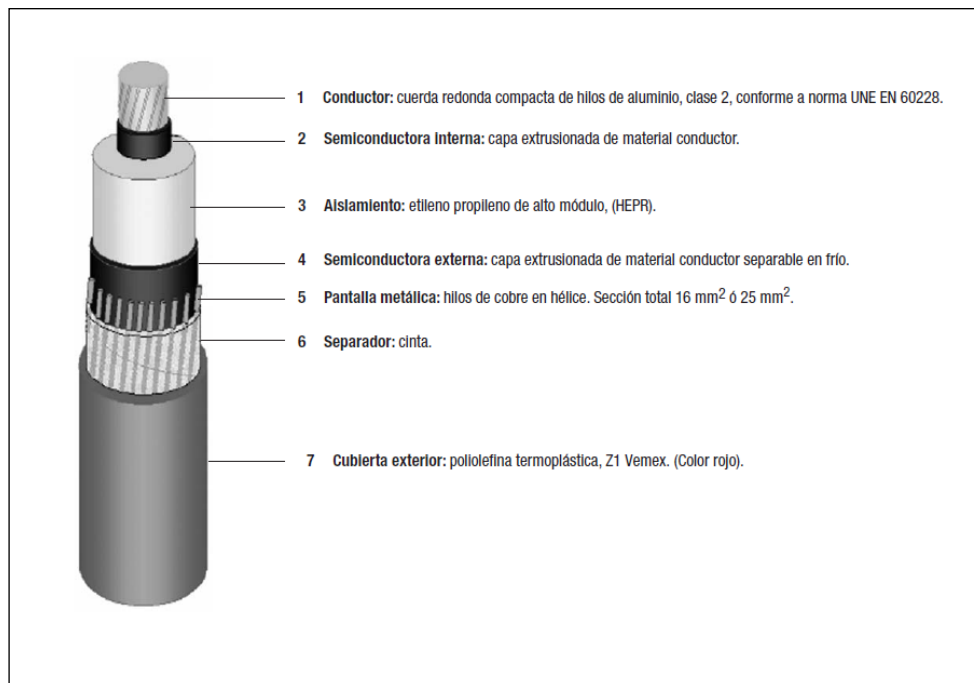


Figura 1: CABLE HEPRZI 12/20 kV de 150 mm<sup>2</sup> de sección

### 5.5.2. Accesorios.

Los empalmes y terminales serán apropiados a las características de los cables, y no comprometerán de manera alguna un aumento en la resistencia eléctrica de éstos. Igualmente los terminales estarán ajustados al ambiente de trabajo de los mismos (interior, exterior, contaminación, etc.).

“Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el Manual Técnico correspondiente cuando exista, o en su defecto, las instrucciones del fabricante” [1].

Las características de los empalmes y terminales son las establecidas en la Norma de Iberdrola [4].

A continuación se muestra una figura del terminal enchufable, que se empleará en la instalación que nos ocupa.

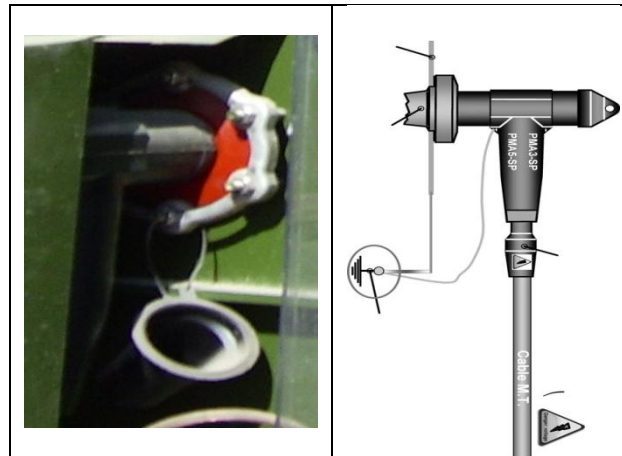


Figura 2: Terminal enchufable en T con contacto atornillable

## 5.6. CANALIZACIONES

Los cables aislados subterráneos de media tensión, hasta 30 kV inclusive, podrán canalizarse de las siguientes maneras:

- a) Directamente enterrados en zanjas en cama de arena.
- b) Entubados en zanjas.
- c) Al aire, alojados en galerías

En nuestro particular la forma elegida para todo el trazado es la de **cables entubados en zanja**.

Para este tipo de canalización, el cable irá en tubos de plástico de 160 mm de diámetro. El número de tubos dependerá de las líneas a instalar y del trazado de la canalización, siempre añadiendo un tubo de mismo material y diámetro como protección mecánica y tubo de señalización, que podrá utilizarse, en un futuro si fuera necesario. Además de los tubos destinados a la instalación de las líneas eléctricas se instalará por encima de estos un multitubo, de color verde, con designación MTT 4x40 según la Norma de Iberdrola 52.95.20.

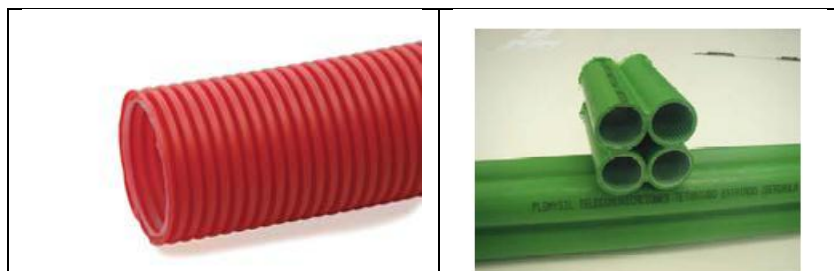


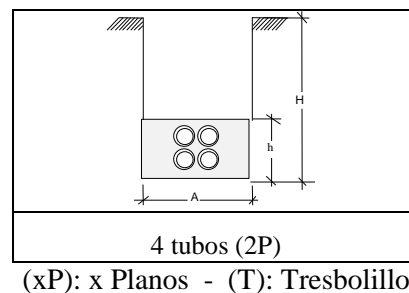
Figura 3: Tubo corrugado de polietileno y cuatritubo.



***En el presente proyecto tendremos un cruce de calzada y un cruce en la acera que da paso al Centro de Transformación.***

La zanja en la que se alojarán los tubos será de 1 m de profundidad y 0.60 m de anchura en todo su recorrido, se dispondrán cuatro tubos colocados en dos planos verticales, dos de los cuales se utilizarán para el tendido de la línea a proyectar, los dos del plano inferior y los otros dos restantes, del plano superior, se dispondrá uno como protección mecánica y tubo de señalización y otro como tubo de reserva para futuras instalaciones, por lo que se dejará una guía para facilitar el futuro tendido de las líneas.

Las dimensiones de las zanjas podrán ser modificadas en caso necesario, cuando se encuentren otros servicios en la vía pública.



*Figura 4: Disposición de los tubos en las canalizaciones a realizar en la red de MT.*

Para la constitución y llenado de las zanjas, se tendrá en cuenta lo establecido en [1] y en [5].

En el plano (6/9) queda especificada la disposición y composición de las zanjas del presente proyecto.

En los cruzamientos de calzadas y en los tramos que se considere oportunos los tubos irán hormigonados en todo su recorrido.



*Figura 5: Cruce en calzada de la canalización de MT hasta el CT proyectado.*



### 5.6.1. Dimensionado.

El dimensionado se realiza teniendo en cuenta las condiciones generales que a se enuncian en [1]:

La canalización se ubica en terrenos de dominio público, bajo acera, evitando ángulos pronunciados, salvo casos excepcionales.

El radio de curvatura después de colocado el cable, debe ser como mínimo de 15 veces el diámetro.

Los cruces de calzadas deberán ser perpendiculares a sus ejes, salvo casos especiales, debiendo realizarse en posición horizontal y en línea recta.

Las distancias a fachadas siempre cumplirán en lo posible con los reglamentos y ordenanzas municipales.

### 5.6.2. Arquetas de registro.

Se colocarán sólo en los casos estrictamente necesarios para permitir la instalación de empalmes, derivaciones, reposición y reparación de los cables.

### 5.6.3. Cinta señalización de Peligro.

Para evitar deterioros por futuras excavaciones en las proximidades de la canalización, esta debe quedar señalizada mediante una cinta de atención. A una distancia mínima de 10 cm del suelo, y a 30 cm de la parte superior del cable, se situará la cinta de señalización de acuerdo con la norma NI 29.00.01 [6].



Figura 6: Cinta de señalización de peligro.

### 5.6.4. Condiciones generales de cruzamientos, proximidades y paralelismos.

En el presente proyecto nos encontramos con cruzamientos y paralelismos con las siguientes instalaciones:

- Paralelismo con Baja Tensión
  - Cruce con Agua y Alcantarillado
- IBERDROLA DISTRIBUCION S.A.U.  
EXCMO AYUNTAMIENTO

Debido a que toda la instalación discurrirá bajo un prisma de hormigón con sus correspondientes tubos, los cruzamientos y paralelismos que nos encontramos, están suficientemente protegidos y garantizan el cumplimiento de las condiciones y distancias que se indican en [1].



Si por razones posteriores a la redacción del proyecto hubiese otros paralelismos, y/o cruzamientos se respetaran las distancias y condiciones recogidas en [1].

## 5.7. CALCULO ELECTRICO

Se tomarán las intensidades máximas admisibles que se recogen en [7].

Las características de los cables de Alta Tensión están indicadas en el apartado anterior 5.5.1.

Las tablas de intensidades máximas admisibles estarán preparadas en función de las condiciones siguientes:

1. Terreno de resistividad térmica media de 1,5 k.m/W.
2. Enterrados, en el interior de tubos, a una profundidad de 1 m en terrenos de resistencia térmica media.
3. Temperatura máxima en el conductor 105° C.
4. Temperatura del terreno 25°C.

Para determinar la sección de los conductores se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Intensidad máxima admisible por el cable.
2. Caída de tensión.
3. Intensidad máxima admisible durante un cortocircuito.
4. La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia que ha de transportar el cable, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el cable adecuado de acuerdo con los valores de intensidades máximas que figuran en [7], o en los datos suministrados por el fabricante.

La intensidad se determinará por la fórmula:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

La determinación de la sección en función de la caída de tensión se realizará mediante la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \quad (2)$$

Dónde:

- W = Potencia en kW.  
U = Tensión compuesta en kV.



- $\Delta U$  = Caída de tensión, en %.  
 $I$  = Intensidad en amperios.  
 $L$  = Longitud de la línea en km.  
 $R$  = Resistencia del conductor en  $\Omega/\text{km}$  a la temperatura de servicio.  
 $X$  = Reactancia a frecuencia 50 Hz en  $\Omega/\text{km}$ .  
 $\cos \varphi$  = Factor de potencia.

En ambos apartados, se considerará un factor de potencia de  $\cos \varphi = 0,9$

Para el cálculo de la sección mínima necesaria por intensidad de cortocircuito, será necesario conocer la potencia de cortocircuito  $P_{cc}$  existente, en el punto de la red donde a de alimentar el cable subterráneo para obtener a su vez la intensidad de cortocircuito que será igual a:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{U \cdot \sqrt{3}} \quad (3)$$

La sección mínima se calculará de acuerdo con la tabla 3 (*Se corresponde con la tabla 3 de [7]*):

Tipo de asilamiento	Tensión (kV)	Sección (mm <sup>2</sup> )	Duración del cortocircuito en segundos								
			0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HEPR	12/20	50	14,05	9,95	8,10	6,30	4,45	3,63	3,15	2,81	2,57
		150	42,15	29,85	24,30	18,90	13,35	10,90	9,44	8,44	7,71
		240	67,44	47,76	38,88	30,24	21,36	17,44	15,10	13,51	12,33
		400	112,40	79,60	64,80	50,40	35,60	29,07	25,17	22,52	20,55

Tabla 3: Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores, en kA  
(Incremento de temperatura 160  $\theta$  en  $^{\circ}\text{C}$ )

## 5.8. DERIVACIONES

“No se admitirán derivaciones en T y en Y.

Las derivaciones de este tipo de líneas se realizarán desde las celdas de línea situadas en centros de transformación o reparto desde líneas subterráneas haciendo entrada y salida.”[1]

## 5.9. PUESTA A TIERRA

### 5.9.1. Puesta a tierra de cubiertas metálicas.

“Se conectarán a tierra las pantallas y armaduras de todas las fases en cada uno de los extremos y en puntos intermedios. Esto garantiza que no existan tensiones inducidas en las cubiertas metálicas.” [1]



### **5.9.2. Pantallas**

Tanto en el caso de pantallas de cables unipolares como de cables tripolares, se conectarán las pantallas a tierra en ambos extremos.

## **5.10. PROTECCIONES**

### **5.10.1. Protecciones contra sobreintensidades**

“Los cables estarán debidamente protegidos contra los efectos térmicos y dinámicos que puedan originarse debido a las sobreintensidades que puedan producirse en la instalación.

Para la protección contra sobreintensidades se utilizarán interruptores automáticos colocados en el inicio de las instalaciones que alimenten cables subterráneos” [1], en nuestro caso, en la subestación transformadora propiedad de la compañía que proporciona la energía a la zona.

“Las características de funcionamiento de dichos elementos de protección corresponderán a las exigencias que presente el conjunto de la instalación de la que forme parte el cable subterráneo, teniendo en cuenta las limitaciones propias de éste” [1], por lo que el estudio, elección e instalación de dichos elementos corresponde a la propia compañía, no siendo objeto del presente proyecto.

### **5.10.2. Protección contra sobreintensidades de cortocircuito**

“La protección contra cortocircuitos por medio de interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal, que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no dañe el cable.

Las intensidades máximas de cortocircuito admisibles para los conductores y las pantallas correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en [1].” [1]

### **5.10.3. Protección contra sobretensiones**

“Los cables aislados deberán estar protegidos contra sobretensiones por medio de dispositivos adecuados, cuando la probabilidad e importancia de las mismas así lo aconsejen.

Para ello, se utilizará, como regla general, pararrayos de óxido metálico, cuyas características estarán en función de las probables intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión.

Deberán cumplir también en lo referente a coordinación de aislamiento y puesta a tierra de autoválvulas, lo que establece en las instrucciones técnicas de [5].”[1]



## 6. CENTRO DE TRANSFORMACION INTERIOR DE COMPAÑIA 400 KVA

Un centro de transformación es una instalación eléctrica que recibe energía en Alta Tensión (>1000 V) y la entrega en Alta o Baja Tensión.

El principal elemento del centro de transformación es el transformador, además dentro de los centros de transformación y distribución se ubican los equipos necesarios para la maniobra, el control y la protección en Media Tensión, estos son conocidos como celdas.

Es importante tener en cuenta dos aspectos fundamentales de los centros de transformación: la ventilación y su puesta a tierra. La primera de ellas tiene la función de evacuar el calor producido por las pérdidas en los arrollamientos y en el circuito magnético del transformador. Y la segunda, la puesta a tierra pretende garantizar la seguridad de las personas limitando las tensiones a las que pudieran estar sometidas cuando estén próximas a la instalación y asegurar la integridad del material empleado en el sistema cuando se produzcan situaciones anómalas.

Se pueden clasificar atendiendo a distintos puntos de vista, como por ejemplo:

**Por su ubicación o emplazamiento**, los centros de transformación pueden clasificarse como:

- Centro de transformación de interior. Todos los elementos del CT se alojan en el interior de un mismo edificio. Puede ser en edificio, una caseta prefabricada o en una caseta de obra civil.
- Centro de transformación subterráneo. Todos los elementos del CT se alojan en el interior en un recinto subterráneo, al que se accede desde la vía pública.
- Centro de transformación de intemperie. Este tipo de centro es propio para zonas rurales. Pueden ir instalados sobre apoyo o en cabina.

**Por la propiedad** de estos centros de transformación pueden ser:

- Del cliente. Sólo alimenta a un cliente. El abonado es un gran consumidor y compra la energía eléctrica en Media Tensión, y la transforma en sus propias instalaciones.
- De la compañía eléctrica. Alimenta a varios clientes por medio de una red de distribución en Baja Tensión.

**Según su acometida**, estos centros de transformación se catalogan como:

- Con acometida aérea. Son aquellos a los que les llegan las líneas de MT aéreas.
- Con acometida subterránea. Son aquellos a los que les llegan las líneas de MT subterráneas.
- Con acometida mixta. Son aquellos a los que les llegan unas líneas de MT aéreas y otras líneas de MT subterráneas.



**Según su alimentación**, los centros también pueden ser clasificados como:

- Alimentación en punta. Es aquel que tiene únicamente una línea de alimentación y está conectado en derivación de la red principal o constituye el punto final de dicha red.
- Alimentación en paso (anillo o bucle). Es aquel que tiene una línea de entrada y una línea de salida hacia otro centro.

Haciendo un pequeño resumen de lo hasta ahora expuesto en el presente proyecto, y con objeto de calificar el centro de transformación, diremos que la red de distribución en Media Tensión elegida, tendrá una tensión nominal de 20 kV, tensión normalizada por IBERDROLA en este tipo de líneas y la topología de red utilizada será, la de red en anillo.

Se ha elegido este tipo de red de alimentación, por su simplicidad y valorando principalmente la característica de seguridad en el sistema y continuidad en el servicio, así como por cumplir con la política de la empresa suministradora de energía.

De modo que, ante incidencias en el cableado entre dos centros de transformación dados, estas se pueden aislar con la apertura de la apartamentada correspondiente de los centros, dejando intacto el suministro en todos los circuitos de baja tensión del edificio y teniendo la opción de reparar la incidencia al estar aislada.

El centro de transformación elegido estará en el interior del edificio al cual se le quiere dotar de electricidad, en un recinto independiente junto a la entrada al garaje, que pasará a ser propiedad de la compañía, situado al nivel de la calle y con acceso desde ésta, solamente para el personal autorizado, al Centro se llegará mediante una acometida subterránea mediante una línea de entrada/salida para alimentar a dicho Centro en anillo, por lo tanto será un Centro de Transformación de Compañía Interior con acometida subterránea y alimentación en paso.

## **6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

El centro de transformación es integrado de interior, de tipo compañía, y tiene la misión de suministrar energía en baja tensión desde un sistema de alta tensión, sin necesidad de medición de la misma.

La energía es suministrada por la compañía Iberdrola a la tensión trifásica de 20 kV y frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

La alimentación al nuevo centro de transformación se hace mediante una línea de media tensión subterránea, realizando un entronque en una línea subterránea de media tensión 20 kV existente y cercana, propiedad de IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U.

## 6.2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 6.2.1. Obra civil

El centro de transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentran el transformador, toda la aparataje eléctrica, tanto de baja como de alta, así como las interconexiones (cables, barras, etc.), máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este centro de transformación se han tenido en cuenta todo lo descrito en [2].

### 6.2.2 Ubicación y accesos.

El centro de transformación se instalará en la planta baja del edificio de 24 viviendas, accediéndose al centro de transformación desde la vía pública.

El acceso al interior del local del Centro de Transformación será exclusivo para el personal de IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U.

La localización elegida para el Centro de Transformación admite el tendido, a partir de las vías públicas, de todas las canalizaciones subterráneas previstas.



*Figura 7: Emplazamiento y acceso al Centro de Transformación proyectado.*

### 6.2.3 Elementos Constructivos

#### 6.2.3.1 Características Generales

El local en el cual se ubica en su interior el Centro de Transformación, cumple con las siguientes condiciones manifestadas en [2]:

Cumpliendo con el Código Técnico de la Edificación ([10]), y en particular, con los Documentos Básicos recogidos en el mismo, Seguridad contra Incendios (SI), Ahorro de energía (HE) y Protección frente al Ruido (HR).



### 6.2.3.2 Muros Exteriores

Se construirán acorde con las características del resto del edificio, pero cumpliendo como mínimo las características enunciadas en [2].

### 6.2.3.3 Suelo

El suelo estará elevado al menos 20 cm del nivel del suelo exterior, para evitar inundaciones.

En el mismo suelo, se instalará un sistema de carriles, según [2], para facilitar los desplazamientos longitudinales y transversales del carro de arrastre del cual está provisto el centro de transformación.

### 6.2.3.4 Acabado

“El acabado de la albañilería tendrá las características siguientes:

- **Paramentos interiores:** Raseo con mortero de cemento y arena, lavado de dosificación 1:4, con aditivo hidrófugo en masa, talochado y pintado, estando prohibido el acabado con yeso.” [2]

### 6.2.3.5 Dimensiones

“Se cumplirá con lo especificado en el apartado 5 del MIE-RAT 14 ([8]).” [2]

#### *Dimensiones interiores aproximadas*

Longitud: 3,100 mm

Anchura: 3,000 mm

Altura: 3,450 mm

### 6.2.3.6 Ventilación

“La ventilación será natural, las rejillas de ventilación se colocarán en la puerta de acceso al centro y cumpliendo con el DB-SI del [10]”. [2]

Las rejillas de ventilación serán metálicas, formadas por lamas que impedirán el paso de pequeños animales. Se instalarán dos rejillas, una en la parte inferior para la entrada de aire y otra en la parte superior.

El centro integrado de interior dispondrá en el edificio de su instalación de rejillas para la ventilación de superficie igual o superior a la calculada ( $0,861 \text{ m}^2$ ), a 1 metros de diferencia de cota entre la entrada y salida de aire. Con ello se garantiza una correcta ventilación del centro.

En el plano (3/9) se puede ver las dimensiones y situación de las mismas.





### 6.2.3.7 Carpintería

La puerta será metálica, de apertura hacia el exterior, llevará una placa de riesgo eléctrico y se cerrará mediante llave normalizada por la compañía.

Todos los elementos cumplirán lo especificado en el apartado que se refiere a carpintería de [2].

### 6.2.4 Características de la red de Alta Tensión.

La red de Alta Tensión será de tipo subterráneo a una tensión de 20 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alta tensión será de 350 MVA, dato suministrado por la compañía suministradora, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 10,10 kA eficaces.

### 6.2.5 Características eléctricas del Centro

#### 6.2.5.1 Características del Centro de Transformación

Tensión asignada (kV) a 50Hz: ..... 24 kV  
Tensión soportada a frecuencia industrial 1 min.: ..... 50 kV ef.  
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1,2/50µs: ..... 125 kV cresta

#### 6.2.5.2 Características asignadas en alta tensión

##### Pasatapas enchufables:

Tensión más elevada para el material (kV): ..... 24 kV  
Corriente asignada en servicio continuo (A): ..... 630 A  
Conexión roscada

##### Interruptor - seccionador de puesta a tierra de línea:

Tensión más elevada para el material (kV): ..... 24 kV  
Tensión soportada a impulsos tipo rayo:  
- A tierra, entre polos y bornes del interruptor abierto (kV cresta): ..... 125 kV  
- A la distancia de seccionamiento (kV cresta): ..... 145 kV  
Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:  
- A tierra, entre polos y bornes del interruptor abierto (kV cresta): ..... 45 kV  
- A la distancia de seccionamiento (kV cresta): ..... 60 kV  
Corriente asignada en servicio continuo (A): ..... 400 A  
Corriente admisible asignada de corta duración (kA): ..... 16 kA  
Valor de cresta de la corriente admisible asignada (kA): ..... 40 kA

##### Interruptor-seccionador en carga del transformador:

Tensión más elevada para el material (kV): ..... 24 kV  
Tensión soportada a impulsos tipo rayo:

- A tierra, entre polos y bornes del interruptor abierto (kV cresta): ..... 125 kV
  - A la distancia de seccionamiento (kV cresta): ..... 145 kV
- Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:
- A tierra, entre polos y bornes del interruptor abierto (kV cresta): ..... 45 kV
  - A la distancia de seccionamiento (kV cresta): ..... 60 kV
- Corriente asignada en servicio continuo (A): ..... 400 A
- Corriente admisible asignada de corta duración (kA): ..... 12 kA
- Valor de cresta de la corriente admisible asignada (kA): ..... 30 kA

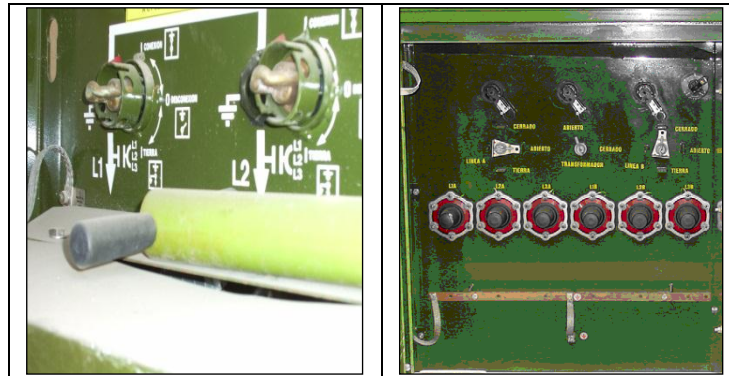


Figura 8: Interruptor-seccionador línea e interruptor del transformador.

### Protección contra cortocircuitos internos. Fusibles:

- Tensión más elevada para el material (kV): ..... 24 kV
- Corriente asignada en servicio continuo (A): ..... 40 A
- Poder de corte (kA): ..... 63 A

### Transformadores aceite 24 kV:

Transformadores trifásicos reductores de tensión, contruidos según las normas citadas anteriormente, con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 KVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

### Otras características constructivas:

- Regulación en el primario: + 2,5%, + 5%, + 7,5%, + 10 %
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Protección incorporada al transformador: ..... Termómetro

**Detector de tensión:** Dispone de un detector capacitivo por cada línea de entrada/salida, que mediante la iluminación intermitente de un led posibilita la comprobación de existencia/ausencia de tensión en cada fase.

**Válvula de sobrepresión:** Elimina las sobrepresiones peligrosas para la integridad de la estructura.



Dispone de una pantalla protectora de policarbonato que impide que los gases se expulsen hacia el frontal.

**Dispositivos de llenado:** Dispone de un dispositivo que permite el llenado del líquido refrigerante.

**Dispositivo de vaciado y toma de muestras:** Dispone de un dispositivo que permite el vaciado y toma de muestras del líquido refrigerante.

### 6.2.5.3 Características del líquido dieléctrico

#### Características líquido refrigerante tipo K:

Rigidez dieléctrica:

- Rigidez dieléctrica a 25 ° C, 2 mm. Separación según ASTM D1816. 56 kV
- Rigidez dieléctrica a 25 °C según método ASTM D877 47 kV
- Densidad a 25°C según método ASTM D1298: ..... 0,92 kg/dm<sup>3</sup>
- Punto de combustión según método ASTM D92: ..... 360 °C

Fluido clasificado como fluido de baja flamabilidad que reúne los requerimientos de la Sección 450-23 del código nacional eléctrica (NEC).

Fluido clasificado tipo K en función del punto de combustión según EN 61100.

Este fluido es una mezcla de aceites vegetales comestibles combinado con aditivos.

No contiene derivados de petróleo, halógenos, siliconas o cualquier otro tipo de sustancia cuestionable.

Es básicamente biodegradable tanto en la tierra como en el agua, y NO tóxico.

Con estas características no es necesaria ninguna instalación de protección contra incendios al ser el punto de combustión superior a 300 °C y el volumen de dieléctrico inferior en todos los casos a 1000 l.

### 6.2.5.4 Características asignadas del transformador.

#### Transformador AT/BT:

Tensiones asignadas del arrollamiento de alta tensión:

- Tensión más elevada para el material  $U_m$  (kV): ..... 24 kV
- Tensión asignada en servicio continuo  $U_r$  (kV): ..... 20 kV

Tensión asignada del arrollamiento de baja tensión (V): ..... 420 V B2

Grupo de conexión: ..... Dyn 11

Tensión soportada a impulsos tipo rayo:

- Arrollamiento primario (kV cresta): ..... 125 kV
- Arrollamiento secundario (kV cresta): ..... 20 kV

Tensión soportada a frecuencia industrial durante 1 minuto:

- Arrollamiento primario (kV): ..... 50 kV



- Arrollamiento secundario (kV): ..... 10 kV
- Tensión de cortocircuito (%): .....4%
- Pérdidas en vacío (W): ..... 830 W
- Pérdidas en carga a la temperatura de 75 °C (W): ..... 3370 W
- Cambiador de tomas:
  - Corriente asignada en servicio continuo (A): ..... 100 A
  - Regulación: .....+2,5% +5% +7,5% +10 %

#### 6.2.5.5 Características asignadas en baja tensión.

**Pasatapas:** Pasatapas tipo espárrago roscado de latón M20.

**Cuadro de BT:** Bloque de protección en Baja Tensión, compuesto de bases tripolares verticales con fusibles desconectables en carga.

**Cableado de baja tensión:** Para el centro de transformación objeto de este proyecto el enlace entre la salida en baja tensión del transformador y el cuadro de distribución en baja tensión se realiza internamente.

La unión con el pasatapas es por lo tanto solidaria con el cuadro de baja tensión.

#### 6.2.5.6 Tierra de protección.

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

La envolvente dispondrá de una pletina de cobre que constituye el colector de tierras de protección, a la que se conectarán las pantallas de los cables subterráneos y demás elementos.

La línea de tierras contará con una caja de seccionamiento grado IP54 situada en la parte frontal del Centro. A partir de esta caja la línea estará formada por un conductor de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> y plicas de acero cobrizadas.

La profundidad de la instalación de tierras será como mínimo de 50 cm.

#### 6.2.5.7 Tierra de servicio.

La línea de tierras contará con una caja de seccionamiento de grado de protección IP54, situada en el frontal del Centro en el lado de Baja tensión.

A partir de esta caja y hasta el sistema de tierras se instalará cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> aislado de 0,6/1 kV protegido con tubo de PVC con grado de protección 7 como mínimo.

El sistema de tierras se unirá mediante cable desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup>.

La profundidad de la instalación de tierras será como mínimo de 50 cm.

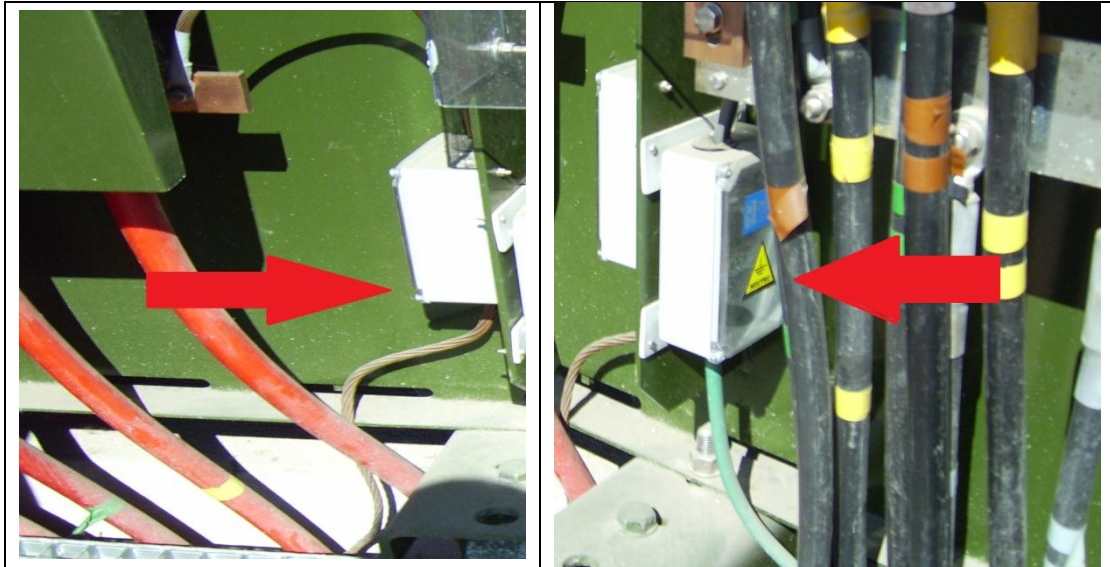


Figura 9: Tierra de protección y Tierra de servicio.

#### 6.2.5.8 Instalaciones secundarias.

**Dispositivos de recogida de aceite en fosos colectores:** En este centro de transformación se dispondrá de un sistema de recogida de posibles derrames que impida su salida al exterior, al utilizarse un dieléctrico líquido con una temperatura de combustión superior a los 300°C, de acuerdo al MIE-RAT14 y no será necesaria la realización de un pozo apagafuegos.

El Centro de Transformación cuenta con una caja de servicios auxiliares alimentada en Baja Tensión (230 V) que incluye:

- Enchufe bipolar 10 A.
- Interruptor diferencial.
- Magnetotérmico.
- Amperímetro (opcional).

#### 6.2.5.9 Enclavamientos.

Los interruptores-seccionadores con puesta a tierra permiten ser enclavados mediante candado en cualquiera de las posiciones.

#### 6.2.5.10 Características descriptivas de los Cuadros de Baja Tensión.

##### **Cuadros BT - B2 Transformador: Cuadros Baja Tensión:**

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), tipo AC-5000, es un conjunto de aparataje de BT cuya función es recibir el circuito principal de Baja Tensión procedente del transformador MT/BT, y distribuirlo en un número determinado de circuitos individuales.

La estructura del cuadro AC-5000, está compuesta por un bastidor de chapa blanca, en el que se distinguen las siguientes zonas:



- **Zona de acometida:** En la parte superior del módulo AC-5000 existe un compartimento para la acometida al mismo, que se realiza a través de un pasamuros tetrapolar, evitando la penetración del agua al interior.
- **Unidad funcional de control:** En una caja situada en la parte superior del cuadro se instala el control. La conexión del control a Cuadro de Baja Tensión se realizará directamente al embarrado vertical.
- **Zona de salidas:** Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida, que son 4. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase a fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

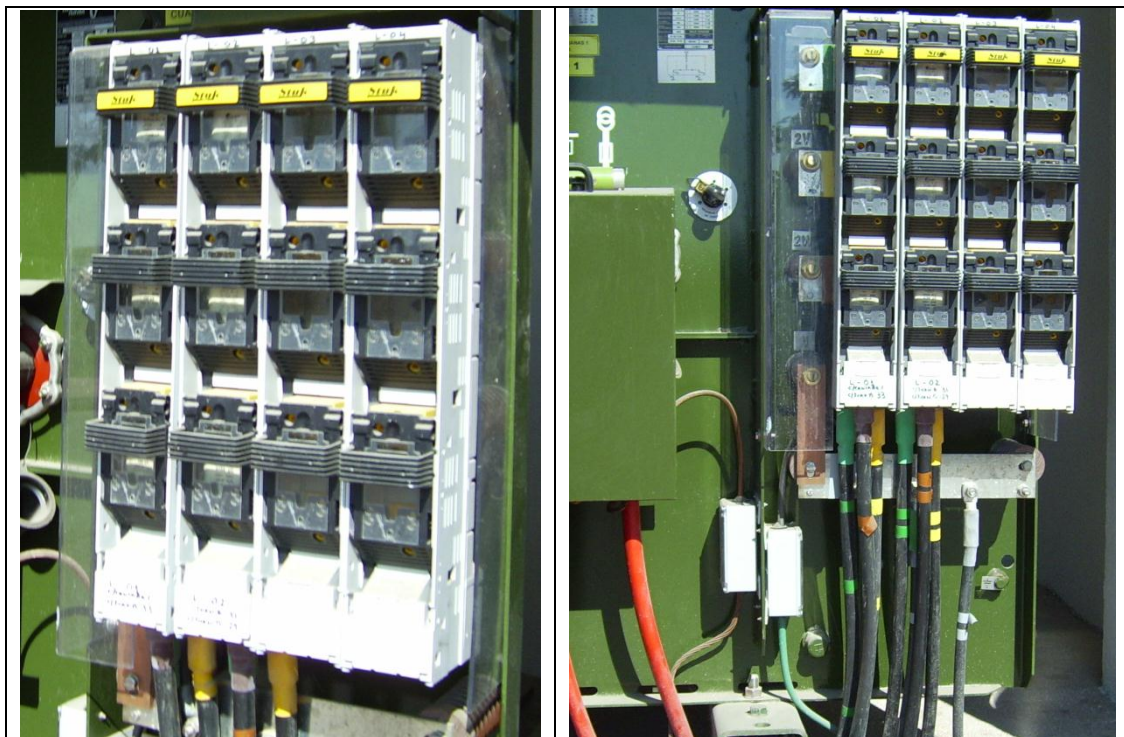


Figura 10: Cuadros de Baja Tensión del transformador.

### Características eléctricas:

Tensión asignada: ..... 440 V  
 Intensidad asignada en los embarrados: ..... 1.000 A

### Nivel de aislamiento:

Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: ..... 8 kV  
 Entre fases: ..... 2,5 kV  
 Impulso tipo rayo a tierra y entre fases:..... 20 kV



### **Características constructivas:**

Anchura: .....540 mm  
Altura: .....1325 mm  
Fondo: .....290 mm

### **Otras características:**

Intensidad asignada en las salidas: ..... 5 x 400 A  
Intensidad asignada en las salidas: ..... 400 A

### **6.2.5.11 Características del material vario de Media Tensión y Baja Tensión.**

El material vario del Centro de Transformación es aquel que, aunque forma parte del conjunto del mismo, no se ha descrito en las características del equipo ni en las características de la aparamenta.

#### **Interconexiones de MT:**

##### ***Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV***

Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Cu.

La terminación al transformador es ELASTIMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K-158-LR.

#### **Interconexiones de BT:**

##### ***Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes transformador-cuadro***

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 1x240 Al (Etileno-Propileno) sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase + 2xneutro.

#### **Defensa de transformadores:**

##### ***Defensa de Transformador: Protección física transformador***

Protección metálica para defensa del transformador.

#### **Equipos de iluminación:**

##### ***Iluminación Edificio de Transformación: Equipo de iluminación***

Equipo de alumbrado que permita la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias en los centros.

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.



### 6.3 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Al tratarse de un Centro de Distribución público, no se efectúa medida de energía en Media Tensión.

### 6.4 PUESTA A TIERRA

#### 6.4.1 Tierra de protección.

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de Baja Tensión, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado).

No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior.

#### 6.4.2 Tierra de servicio.

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en Baja Tensión, debido a faltas en la red de Media Tensión, el neutro del sistema de Baja Tensión se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de Media Tensión, de tal forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

### 6.5 INSTALACIONES SECUNDARIAS

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

1. No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.
2. Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los centros de transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del centro de transformación.
3. Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.
4. Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.
5. El diseño de las celdas impedirá la incidencia de los gases de escape, producidos en el caso de un arco interno, sobre los cables de Media Tensión y Baja Tensión. Por ello, esta salida de gases no debe estar enfocada en ningún caso hacia el foso de cables.





## 7 RED DE DISTRIBUCION SUBTERRANEA DE BAJA TENSION

Una vez reducida la tensión en el centro de transformación, debemos disponer de unos medios adecuados para la interconexión de este con las instalaciones interiores del propio usuario, esta parte de la infraestructura eléctrica es conocida como red de distribución en baja tensión.

La red de distribución en baja tensión está formada por las distintas líneas eléctricas que parten desde un centro de transformación existente. La demanda energética que se puede abastecer con estas redes viene limitada por la potencia nominal del propio centro de transformación, no pudiendo superar ésta en ningún instante.

Las redes de baja tensión pueden ser subterráneas o aéreas, en ambos casos mantendrán uniforme su sección a lo largo de todo el circuito, en el proyecto que nos ocupa se estudiará el caso de red subterránea de baja tensión.

En general este tipo de redes, tendrán una estructura de sección uniforme, y cerrada sobre el mismo u otro centro de transformación, de forma que ante una avería, sea posible una alimentación alternativa eficaz en un espacio de tiempo adecuadamente breve.

Parte de la red de distribución, son las acometidas, las cuales se efectuarán, de manera general, derivando en T la línea subterránea de Baja Tensión mediante conectores apropiados y en algunos casos podrá hacerse entrada y salida a una caja de seccionamiento.

### 7.1 EMPRESA SUMINISTRADORA.

La empresa que dará suministro eléctrico a la instalación que nos ocupa, será IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U., realizándose este a partir de un Centro de Transformación de Interior de 400 KVA. Existente en el edificio, tal y como puede verse en planos.

La clase de energía será:

- Corriente: ..... alterna trifásica + neutro
- Tensión nominal: ..... 230/400 V
- Frecuencia nominal: ..... 50 Hz
- Sistema de puesta a tierra: ..... Neutro unido a tierra
- Aislamiento de los cables: ..... 0,6/1 kV
- Factor de potencia  $\cos \varphi$ : ..... 0,90



## 7.2 PREVISIÓN DE CARGAS.

La red de distribución dimensionada dará servicio eléctrico para la siguiente previsión de potencia:

### **EDIFICIO CALLE A Nº 1 (4 Viviendas)**

4 Electrificación Elevada	9.200 W	9200 W x 3, 8	34.960 W
2 Locales Comerciales	5.750 W	11.500 W	11.500 W
1 Servicios Generales			17.320 W
1 Garaje - Aparcamiento			5.750 W
<b>TOTAL POTENCIA INSTALADA</b>			<b>69.530 W</b>

### **EDIFICIO CALLE B Nº 29 (6 Viviendas)**

6 Electrificación Elevada	9.200 W	9200 W x 5, 4	49.680 W
2 Locales Comerciales	5.750 W	11.500 W	11.500 W
1 Servicios Generales			17.320 W
<b>TOTAL POTENCIA INSTALADA</b>			<b>78.500 W</b>

### **EDIFICIO CALLE B Nº 31 (7 Viviendas)**

7 Electrificación Elevada	9.200 W	9200 W x 6, 2	57.040 W
1 Locales Comerciales		5.750 W	5.750 W
1 Servicios Generales			17.320 W
<b>TOTAL POTENCIA INSTALADA</b>			<b>80.110 W</b>

### **EDIFICIO CALLE B Nº 33 (7 Viviendas)**

7 Electrificación Elevada	9.200 W	9200 W x 6, 2	57.040 W
1 Locales Comerciales		5.750 W	5.750 W
1 Servicios Generales			17.320 W
<b>TOTAL POTENCIA INSTALADA</b>			<b>80.110 W</b>

**TOTAL POTENCIA INSTALADA EN EL EDIFICIO** **308.250 W**



Para el cálculo de la previsión de potencia del edificio se ha tenido en cuenta la ITC-BT-10 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. En el caso de las viviendas se ha calculado realizando la media aritmética de la potencia máxima de cada conjunto de viviendas y multiplicando dicha media por el coeficiente de simultaneidad de la siguiente tabla:

Nº Viviendas (n)	Coeficiente de Simultaneidad
1	1
2	2
3	3
4	3,8
5	4,6
6	5,4
7	6,2
8	7
9	7,8
10	8,5
11	9,2
12	9,9
13	10,6
14	11,3
15	11,9
16	12,5
17	13,1
18	13,7
19	14,3
20	14,8
21	15,3
n>21	$15,3+(n-21).0,5$

Tabla 4: Coeficiente de simultaneidad según el número de viviendas

Para los locales comerciales se ha estimado la potencia de 5.750 W, se ha tendido en cuenta el mínimo 100 W/m<sup>2</sup> o como mínimo 3.450 W por local y planta, según [11], pero se ha considerado conveniente aplicar una potencia superior en todos, dado el desconocimiento de la posible futura actividad a desarrollar en cualquiera de los locales.

En cuanto a la previsión de potencia del garaje, la potencia instalada será, la correspondiente a dos motores de 0,75 CV cada uno, que se encargarán de la apertura de puertas de acceso al garaje y 28 luminarias de 1x36 W de potencia. Ante la posibilidad de ampliaciones de potencia y en favor de la seguridad, se estima conveniente tomar una previsión de potencia de 5.750 W.



### 7.3 TRAZADO DE LAS LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN.

La red de distribución estará compuesta por dos líneas, que partirán desde el centro de transformación de interior de compañía de 400 KVA, situado en el edificio de la C/ A, nº 1, según planos. A partir de este punto, se les dará continuidad para dar suministro según los planos.

#### Características generales de la Línea 1:

Línea CT-C/ A nº1, C/ B nº 33:

- . Potencia total: .....  $69.530 + 80.110 = 149,64$  kW
- . Intensidad máxima: ..... 239,98 A
- . Longitud del tramo: ..... 50 m
- . Caída de tensión (v): ..... 2,97 V
- . Caída de tensión (%): ..... 0,75 %
- . Conductor: ..... RV 0,6/1 kV  $3 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2) + 1 \times (1 \times 150 \text{ mm}^2)$  Al
- . Enterrado bajo tubo de doble pared Ø160 mm.

#### Características generales de la Línea 2:

Línea CT-C/ B nº 29 y 31

- . Potencia total: .....  $78.500 + 80.110 = 158,61$  kW
- . Intensidad máxima: ..... 254,37 A
- . Longitud del tramo: ..... 100 m
- . Caída de tensión (v): ..... 6,30 V
- . Caída de tensión (%): ..... 1,58 %
- . Conductor: ..... RV 0,6/1 kV  $3 \times (1 \times 240 \text{ mm}^2) + 1 \times (1 \times 150 \text{ mm}^2)$  Al
- . Enterrado bajo tubo de doble pared Ø160 mm.

Todos los elementos constructivos se ajustan al Proyecto tipo de Líneas Subterráneas de Baja Tensión de la compañía suministradora IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U.

### 7.4 CANALIZACIONES

El trazado de las líneas se realizará de acuerdo con las siguientes consideraciones, recogidas de [3] y [11]:

- “La canalización discurrirá por terrenos de dominio público bajo acera o acera, evitando siempre los ángulos pronunciados. La longitud de la canalización será lo más corta posible.
- El radio de curvatura después de colocado el cable será como mínimo de 15 veces del diámetro exterior. Los radio de curvatura en operaciones de transporte y tendido serán como mínimo el doble de la indicada anteriormente en su posición definitiva.
- Los cruces de calzada serán perpendiculares al eje de la calzada o vial.
- Las cajas generales de protección y medida se ubicarán a pie de vial o zonas de pública concurrencia y en los lindes de las parcelas que desde ellas se alimenten.

- Los cables se alojarán en zanjas de 0,80 m de profundidad mínima y una anchura que permita las operaciones de apertura y tendido, con un valor mínimo de 40 cm.”

En el presente proyecto el tendido de la red de baja tensión se hará mediante **canalización subterránea entubada** en todo su trazado.

Para este tipo de canalización, el cable irá en tubos de plástico de 160 mm de diámetro. El número de tubos dependerá de las líneas a instalar y del trazado de la canalización, siempre añadiendo un tubo del mismo material y diámetro como protección mecánica y tubo de señalización, que podrá utilizarse, en un futuro si fuera necesario. Además de los tubos destinados a la instalación de las líneas eléctricas se instalará encima de estos un multitubo, de color verde, con designación MTT 4x40 según la Norma de Iberdrola 52.95.20.

***En el particular que nos ocupa toda la canalización discurrirá en todo su recorrido bajo acera.***

La zanja en la que se alojarán los tubos será de 0.90 m de profundidad y 0.40 m de anchura en toda su totalidad; cuando por ella transcurra solo una de las líneas, se dispondrán dos tubos colocados en dos planos, de los cuales uno se utilizará para el tendido de una de las líneas a proyectar, el situado en el plano inferior y el restante, del plano superior, se dispondrá como protección mecánica y tubo de señalización. En el tramo donde coincidan las dos líneas, la disposición será de tres tubos colocados al tresbolillo, dos de los cuales se utilizarán para el tendido de las dos líneas a proyectar, los dos del plano inferior y el restante, del plano superior, se dispondrá como protección mecánica y tubo de señalización.

Para la constitución y llenado de las zanjas se tendrá en cuenta lo establecido en [3] y en [11].

En el plano (8/9) queda especificada la disposición y composición de las zanjas del presente proyecto.

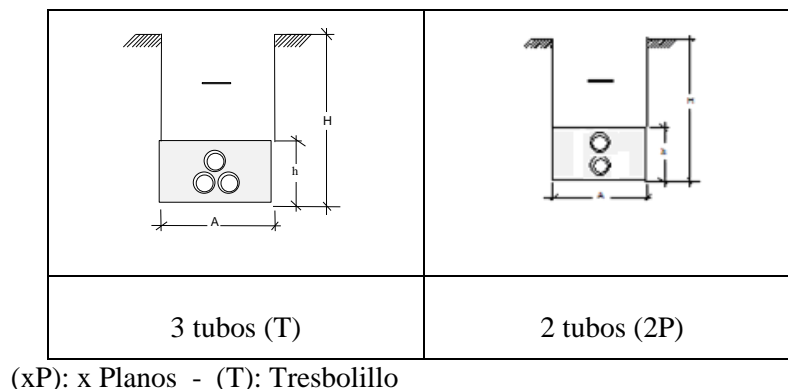


Figura 11: Disposición de los tubos en las canalizaciones a realizar en la red de BT.

### Condiciones generales de cruzamientos y paralelismos.

Tenemos cruzamientos y paralelismos con las siguientes instalaciones:

- Paralelismo con Baja Tensión y Alta Tensión IBERDROLA S.A.

Al igual que en la instalación de la red de media tensión, la canalización destinada a la red de distribución en baja tensión, discurrirá bajo un prisma de hormigón con sus correspondientes tubos, por lo que los cruzamientos y paralelismos que nos encontramos, están suficientemente protegidos y garantizan el cumplimiento de las condiciones y distancias que se indican en [3].

En los casos existentes de cruzamientos y paralelismos se deberá cumplir con los dispuesto en [3] y con el punto 2.2 de la ITC-BT-07 del [11], no obstante si por razones posteriores a la redacción del proyecto hubiese otros paralelismos, y/o cruzamientos no identificados se respetaran los requisitos reseñados en los textos anteriormente citados.

### **7.5 CAJAS GENERALES DE PROTECCIÓN.**

Instaladas en el exterior de forma empotrada en las fachadas, se colocarán las cajas generales de protección, de referencia CFS-250 Iberdrola, y con las siguientes características:

- Montaje según Norma de Iberdrola 76.50.01.
- Bases cortacircuitos unipolares, desconectables en carga para intensidades nominales de 250 A y 400 A.
- Puerta Mechinal de chapa sendzimir de 2 mm de espesor, patillas de anclaje, rejillas de ventilación y cerradura normalizada por Iberdrola.



*Figura 12: Cajas Generales de Protección.*

## 7.6 CABLES.

Los conductores que se utilizarán en la distribución de baja tensión, serán unipolares de aluminio tipo RV 0,6/1 kV, siendo sus secciones de 240 mm<sup>2</sup> para los conductores de fase, y de 150 mm<sup>2</sup> para el neutro, estando instalados subterráneamente bajo tubo, discurriendo por las aceras y cruzando por los lugares reflejados en los planos, con las condiciones que en el correspondiente apartado se redactan.

“Los conductores estarán debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.” [11]

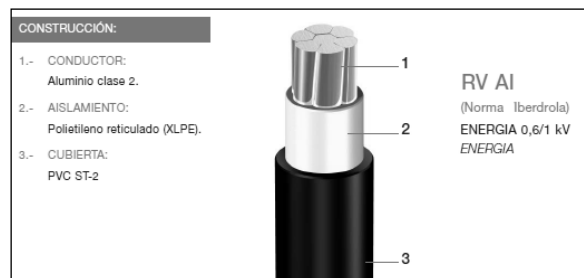


Figura 13: Cable Tipo RV 0,6/1 kV Al.

Los aislamientos de los conductores irán marcados de colores distintos para poder identificarlos, de acuerdo con el siguiente criterio:

- |          |          |
|----------|----------|
| • Neutro | Gris     |
| • Fase R | Verde    |
| • Fase S | Amarillo |
| • Fase T | Marrón   |

“Las conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y su aislamiento.” [3]

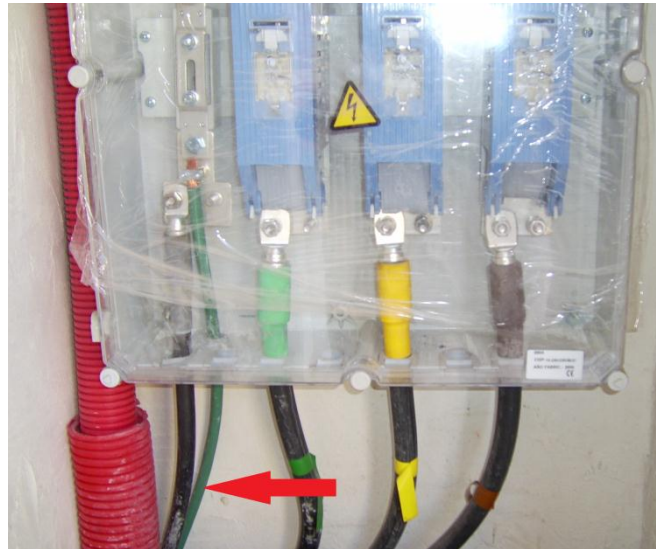
Las secciones utilizadas se justifican en el anexo de cálculos.

## 7.7 PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO.

“El conductor neutro de la red subterránea de distribución pública, se conectará a tierra en el centro de transformación en la forma prevista en el Reglamento Técnico de Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación; fuera del centro de transformación se conectará a tierra en otros puntos de la red, con objeto de disminuir su resistencia global a tierra, según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

El neutro se conectará a tierra a lo largo de la red, en todas las cajas generales de protección o en las cajas generales de protección y medida, consistiendo dicha puesta a tierra una pica, unida al borne neutro mediante un conductor aislado de 50 mm<sup>2</sup> de Cu, como mínimo.

El conductor neutro no podrá ser interrumpido en las redes de distribución.” [3]



*Figura 14: Puesta a Tierra del Neutro.*

## 8. CONCLUSIONES.

En general, la realización de este proyecto me ha permitido aplicar a la realidad los conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación, obtener nuevos conocimientos, desarrollar competencias y actitudes ante los retos planteados, así como conocer el entorno del mundo laboral.

Es de un valor añadido para mí, el poder haber mantenido contacto con fabricantes, distribuidores, instaladores y los técnicos de la empresa distribuidora de la energía eléctrica que de una forma u otra estábamos implicados en la ejecución del proyecto.





## 9. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFIA.

- [1] *MT 2.31.01 Edición 06 Julio 2009*, Proyecto Tipo de Línea Subterránea de AT hasta 30 kV. Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- [2] *MT 2.11.32 Edición 01 Julio 2009*, Proyecto Tipo Centro de Transformación Compacto/Integrado en Edificio de Otros Usos. Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- [3] *MT 2.51.01 Edición 06 Julio 2009*, Proyecto Tipo de Línea Subterránea de Baja Tensión. Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U. [4] *NI 56.80.02 Edición 08 Julio 2010*, Accesorios para cables subterráneos de tensiones asignadas de 12/20 (24) kV hasta 18/30 (36) kV (Cables con aislamiento seco). Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- [5] *Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias*. Aprobado por Real Decreto 223/2008 y publicado en el B.O.E. 19-03-09.
- [6] *NI 29.00.01 Edición 01 Agosto 1993*, Cinta de polietileno para señalización de cables subterráneos enterrados. Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- [7] *NI 56.43.01 Edición 03 Julio 2009*, Cables unipolares con aislamiento seco de etileno propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina (HPERZ1) para redes de AT de hasta 30 kV. Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- [8] *Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación*. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 01-12-82.
- [9] *NI 50.40.05 Edición 05 Julio 2009*, Conjuntos integrados para centros de transformación de interior. Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U.
- [10] *Código Técnico de la Edificación*. Aprobado por Decreto 314/2006, del 17 de marzo de 2006 y publicado en el B.O.E. núm.74 del 28-03-2006.
- [11] *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*. Aprobado por el Real Decreto 842/2002, del 2 de agosto de 2002 y publicado en el B.O.E. núm.224 del 18-09-2002.
- [12] *Anexo 2 del Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación conectados a redes de tercera categoría*. UNESA.

### ***Páginas Web visitadas:***

- [www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es)
- [www.prysmian.es](http://www.prysmian.es)
- [www.incoesa.com](http://www.incoesa.com)
- [www.safybox.com](http://www.safybox.com)
- [www.generalcable.es](http://www.generalcable.es)



## *ANEXO DE CALCULOS*

# ***CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS***

## 1. CALCULO LINEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN 20 kV

Todos los cálculos eléctricos relativos a la línea objeto del presente proyecto, han sido realizados de acuerdo con el Proyecto Tipo de Línea Subterránea de Alta Tensión de hasta 30 kV ([1]) de IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U., habiéndose utilizado las tablas y gráficos que en el mismo se incluyen.

Como hipótesis de partida para el cálculo tendremos en cuenta las siguientes características particulares de la instalación a la hora de calcular el valor máximo de la intensidad admisible que circulara por el cable, en este caso serán:

- Tubo de resistividad térmica de 3,5 K.m/W
- Una sola terna de cables unipolares por tubo.
- Cables enterrados en el interior de tubos con diámetro interior 1,5 veces superior al diámetro equivalente de la terna de cables.

Dadas las características particulares no será necesaria la aplicación de ningún coeficiente de corrección para el valor máximo de la intensidad admisible, salvo el relativo a la distancia entre ternos de cables entubados, que según la tabla 9 del apartado 10.2 de [1] tendremos que aplicar un factor de 0,80, ya que los tubos de esta instalación están prácticamente en contacto.

### 1. Intensidad de la línea de Media Tensión.

$$\text{Según (I): } I = \frac{581,43}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 0,9} = 18,65 A$$

En la tabla 5 se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los cables normalizados en IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U. para canalizaciones enterradas bajo tubo, según [1], de ella elegimos la sección nominal del conductor, como se puede observar no es una condición muy restrictiva dado que las compañías suministradoras, en este caso Iberdrola, solo permite la utilización de un número limitado de secciones, para de esta manera conseguir que la red de distribución sea más homogénea y al mismo tiempo conseguir sobredimensionarla, en previsión de futuras instalaciones.

Tensión nominal U <sub>0</sub> /U (Kv)	Sección nominal de los conductores (mm <sup>2</sup> )	Intensidad 3 unipolares
<b>12/20</b>	<b>150</b>	<b>255</b>
	240	345
	400	450

*Tabla 5: Intensidad máxima admisible, en amperios, en servicio permanente y con corriente alterna, de los cables con conductores de aluminio con aislamiento seco enterrados bajo tubo (HEPRZI)*

Elegiremos la sección de 150 mm<sup>2</sup>, para unificar y hacer más homogénea la red, dado que en la línea donde realizamos el entronque tiene esta misma sección, por lo que la intensidad máxima admisible en régimen permanente será de 255 A, a la cual la tenemos que aplicar el factor de corrección de 0,80, especificado anteriormente, por lo que la

intensidad máxima admisible en régimen permanente una vez aplicado el factor de corrección por las características de la instalación, será de 204 A. Superior a la intensidad de cálculo, por tanto la sección elegida es suficiente para cumplir con el requisito de la intensidad máxima admisible.

## 2. Caída de tensión de la línea de Media Tensión.

$$\text{Según (2): } \Delta U = \sqrt{3} \cdot 18,65 \cdot 0,09 \cdot (0,277 \cdot 0,9 + 0,112 \cdot 0,43) = 0,87V$$

$$\text{luego } \Delta U = 0,0000435 \%$$

La distancia utilizada para el cálculo de la caída de tensión, 90 metros, no se corresponde con la distancia del tramo de línea que se quiere justificar en el presente proyecto (aprox.11 metros), esto se debe a que dada la integración de este tramo en toda la red de distribución perteneciente a la compañía suministradora, se debe considerar que sea apto para el transporte de la potencia que la compañía estima, en este caso 581,43 kW, desde la subestación transformadora propiedad de la compañía suministradora que proporciona la energía a la zona.

## 3. Intensidad máxima admisible durante un cortocircuito.

Conociendo el dato de la potencia de cortocircuito máxima de la red de alta tensión, que es de 350 MVA, facilitado por la IBERDROLA DISTRIBUCION ELECTRICA, S.L.U., obtenemos:

$$\text{Según (3): } I_{cc} = \frac{350}{20 \cdot \sqrt{3}} = 10,10KA$$

Por lo que la sección de 150 mm<sup>2</sup> elegida anteriormente, soportaría esta intensidad hasta un límite de tiempo del cortocircuito de 1,5 segundos, como se puede comprobar en la siguiente tabla, cuyos datos han sido obtenidos de [7]:

Tipo de Aislamiento	Tensión kV	Sección mm <sup>2</sup>	Duración del cortocircuito en segundos								
			0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HEPR	12/20	150	42,15	29,85	24,30	18,90	13,35	10,90	9,44	8,44	7,71

Tabla 6: Intensidades de cortocircuito admisibles en el conductor seleccionado, en kA (Incremento de temperatura 145 °C)

## 2. CÁLCULO DE LA RED SUBTERRÁNEA EN MEDIA TENSIÓN

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y teniendo en cuenta el factor de simultaneidad, se obtienen los siguientes resultados:

TRAMO	P (kW)	In (A)	Lp (m)	S Al (mm <sup>2</sup> )	D Up (V)	D Up (%)	D Ut (V)	D Ut (%)
DER- CT	581,43	18,65	90	150	0,87	0,0000435	<b>0,87</b>	<b>0,0000435</b>

Tabla 7: Tabla de resultados de la Red Subterránea de Media Tensión



### 3. CALCULOS CENTRO DE TRANSFORMACIÓN 400 KVA

#### 3.1. INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.

En un sistema trifásico, la intensidad primaria  $I_p$  viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_p} \quad (4)$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en KVA.  
 $U$  = Tensión compuesta primaria en kV = 20 kV.  
 $I_p$  = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

	Potencia del transformador (VA)	$I_p$ (A)
Transformador	400	11,55

#### 3.2. INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN.

En un sistema trifásico la intensidad secundaria nos viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_s} \quad (5)$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en KVA.  
 $U_s$  = Tensión compuesta en el secundario en kV = 0,42 kV.  
 $I_s$  = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, tendremos:

	Potencia del transformador (kVA)	$I_s$ (A)
Transformador	400	549,86



### 3.3.CORTOCIRCUITOS

#### 3.3.1. Observaciones.

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

#### 3.3.2. Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las expresiones:

##### 3.3.2.1. Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{CCP} = \frac{S_{CC}}{\sqrt{3} \times U} \quad (6)$$

Siendo:

$S_{CC}$  = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

$U$  = Tensión primaria en kV.

$I_{CCP}$  = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

##### Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:

Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{CCS} = \frac{S}{\sqrt{3} \times \frac{U_{CC}}{100} \times U_s} \quad (7)$$

Siendo:

$S$  = Potencia del transformador en kVA.

$U_{CC}$  = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

$U_s$  = Tensión compuesta en el secundario en kV = 0,42 kV.

$I_{CCS}$  = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

#### 3.3.3. Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

$S_{CC} = 350$  MVA.

$U = 20$  kV.

y sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{CCP} = 10,10 \text{ kA.}$$



Por lo que, todos los elementos de Alta Tensión como interruptores, pasatapas, etc., deben estar capacitados para soportar una intensidad de cortocircuito de 16kA, para que su empleo en este Centro sea correcto.

### 3.3.4. Cortocircuito en el lado de Baja Tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, tendremos:

	Potencia del transformador (kVA)	Ucc (%)	Iccs (kA)
Transformador	400	4	13,75

Siendo:

- Ucc: Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.
- Iccs: Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

## 3.4.DIMENSIONADO DEL EMBARRADO.

La configuración de centro integrado hace que el embarrado se encuentre junto con la aparamenta de A.T. bajo una única envolvente metálica sumergido en fluido dieléctrico común. Las conexiones se realizan a través de conductores de cobre aislados y separados.

### 3.4.1. Comprobación por densidad de corriente.

La comprobación por densidad de corriente tiene por objeto verificar que el conductor indicado es capaz de conducir la corriente nominal máxima sin superar la densidad máxima posible para el material conductor.

Esto puede comprobarse realizando un ensayo de intensidad nominal, que con objeto de disponer de suficiente margen de seguridad, se considerará que es la intensidad del bucle, que en este caso es de 400 A.

Luego el conductor de cobre sumergido en fluido dieléctrico refrigerante tiene una sección de 150mm<sup>2</sup> con lo que la densidad de corriente es de:

$$D = I / S = 400 / 150 = 2.66 \text{ A / mm}^2$$

El cable de 150 mm<sup>2</sup> de cobre según la tabla 11 de la ITC-LA7 07 de [5], está capacitado para soportar una densidad de 3,4 A/mm<sup>2</sup> al aire, condición mucho más desfavorable que sumergido en fluido dieléctrico, por lo que su empleo es correcto.

### 3.4.2. Comprobación por sollicitación electrodinámica.

La intensidad dinámica de cortocircuito se valora en aproximadamente 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada en el apartado 3.3.2. de este capítulo, por lo que:

$$I_{cc}(\text{din}) = 25,25 \text{ kA}$$





### 3.4.3. Cálculo por solicitud térmica.

La comprobación térmica tiene por objeto comprobar que no se producirá un calentamiento excesivo de la aparamenta por defecto de un cortocircuito.

Esta comprobación se puede realizar mediante cálculos teóricos, pero preferentemente se debe realizar un ensayo según la normativa en vigor.

En este caso, la intensidad considerada es la eficaz de cortocircuito, cuyo valor es:

$$I_{cc(ter)} = 10,10 \text{ kA.}$$

### 3.4.4. Protección contra sobrecargas y cortocircuitos

Los transformadores están protegidos tanto en Alta Tensión como en Baja Tensión.

En Alta Tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a esos transformadores, mientras que en Baja Tensión la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

#### 3.4.4.1. Transformador:

La protección en Alta Tensión de este transformador se realiza utilizando una celda de interruptor con fusibles, siendo éstos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida (de tiempos inferiores a los de los interruptores automáticos), ya que su fusión evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuitos por toda la instalación.

Los fusibles se seleccionan para:

- Permitir el funcionamiento continuado a la intensidad nominal, requerida para esta aplicación.
- No producir disparos durante el arranque en vacío de los transformadores, tiempo en el que la intensidad es muy superior a la nominal y de una duración intermedia.
- No producir disparos cuando se producen corrientes de entre 10 y 20 veces la nominal, siempre que su duración sea inferior a 0,1 s, evitando así que los fenómenos transitorios provoquen interrupciones del suministro.

Sin embargo, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrán que ser evitadas incluyendo un relé de protección de transformador, o si no es posible, una protección térmica del transformador.

La intensidad nominal de estos fusibles es de 40 A. Según la siguiente tabla de la NI.75.06.31 “Fusibles limitadores AT hasta 36 kV, fusibles protección transformadores hasta 36 kV”.



Tensión de red	Potencia del transformador			
	KVA			
kV	250	400	630	1000
11	25	40	63	100
13,2	25	40	63	100
15	25	40	63	100
20	25	40	63	100

Tabla 8: Tabla de Intensidad nominal de los fusibles para A.T. hasta 36 kV

La celda de protección de este transformador no incorpora relé, al considerarse suficiente el empleo de las otras protecciones.

**Termómetro:** Verifica que la temperatura del dieléctrico del transformador no supera los valores máximos admisibles.

#### 3.4.4.2. Protecciones en Baja Tensión:

Las salidas de Baja Tensión cuentan con fusibles en todas las salidas, con una intensidad nominal igual al valor de la intensidad nominal exigida a esa salida y un poder de corte como mínimo igual a la corriente de cortocircuito correspondiente, según lo calculado.

#### 3.4.5. Dimensionado de los puentes de Media Tensión

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

##### Transformador

La intensidad nominal demandada por este transformador es igual a 11,5 A que es inferior al valor máximo admisible por el cable.

Este valor es de 150 A para un cable de sección de 50 mm<sup>2</sup> de Al, según el fabricante.

#### 3.4.6. Dimensionado de la ventilación del Centro de Transformación.

Para calcular la superficie de la reja de entrada de aire en el edificio se utiliza la siguiente expresión:

$$S_r = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0.24 \cdot K \cdot \sqrt{h \cdot \Delta T^3}} \quad (8)$$

Dónde:

$W_{cu}$	pérdidas en el cobre del transformador [kW]
$W_{fe}$	pérdidas en el hierro del transformador [kW]
K	coeficiente en función de la forma de las rejillas de entrada [aproximadamente entre 0,35 y 0,40]
h	distancia vertical entre las rejillas de entrada y salida [m]
$\Delta T$	aumento de temperatura del aire [°C]
$S_r$	superficie mínima de las rejillas de entrada [mm <sup>2</sup> ]



Para el caso particular de este edificio, el resultado obtenido es, aplicando la expresión (8):

$$S_r = \frac{0,83 + 3,37}{0,24 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{1 \cdot 15^3}} = 0,861 m^2$$

### 3.5. CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

#### 3.5.1. Investigación de las características del suelo.

El Reglamento de Alta Tensión indica que para instalaciones de tercera categoría, y de intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16 kA no será imprescindible realizar la citada investigación previa de la resistividad del suelo, bastando el examen visual del terreno y pudiéndose estimar su resistividad, siendo necesario medirla para corrientes superiores.

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este centro de transformación, se determina la resistividad media en 150 Ohm·m.

#### 3.5.2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente a la eliminación del defecto.

En las instalaciones de Alta Tensión de tercera categoría, los parámetros que determinan los cálculos de faltas a tierra son las siguientes:

De la red:

- **Tipo de neutro:** El neutro de la red puede estar aislado, rígidamente unido a tierra, unido a esta mediante resistencias o impedancias. Esto producirá una limitación de la corriente de la falta, en función de las longitudes de líneas o de los valores de impedancias en cada caso.
- **Tipo de protecciones:** Cuando se produce un defecto, éste se eliminará mediante la apertura de un elemento de corte que actúa por indicación de un dispositivo relé de intensidad, que puede actuar en un tiempo fijo (tiempo fijo), o según una curva de tipo inverso (tiempo dependiente). Adicionalmente, pueden existir reenganches posteriores al primer disparo, que sólo influirán en los cálculos si se producen en un tiempo inferior a los 0,5 segundos.

No obstante, y dada la casuística existente dentro de las redes de cada compañía suministradora, en ocasiones se debe resolver este cálculo considerando la intensidad máxima empírica y un tiempo máximo de ruptura, valores que, como los otros, deben ser indicados por la compañía eléctrica.

Intensidad máxima de defecto:

$$I_{d \max \text{ cal.}} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_n^2 + X_n^2}} \quad (9)$$



Dónde:

$U_n$	Tensión de servicio [V]
$R_n$	Resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm] ( $0 \Omega$ )
$X_n$	Reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm] ( $25 \Omega$ )
$I_d \text{ máx. cal.}$	Intensidad máxima calculada [A]

La  $I_d \text{ máx.}$  en este caso será:

$$I_d \text{ máx. cal.} = 461,88 \text{ A}$$

Inferior o similar al valor establecido por la compañía eléctrica que es de:

$$I_d \text{ máx.} = 500 \text{ A}$$

### 3.5.3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.

El diseño preliminar de la instalación de puesta a tierra se realiza basándose en las configuraciones tipo presentadas en el Anexo 2 del método de cálculo de instalaciones de puesta a tierra de UNESA ([12]), que esté de acuerdo con la forma y dimensiones del Centro de Transformación, según el método de cálculo desarrollado por este organismo.

### 3.5.4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.

#### *Características de la red de alimentación:*

- Tensión de servicio:  $U_r = 20 \text{ kV}$

#### *Puesta a tierra del neutro (Según recomendaciones de [12]):*

- Resistencia del neutro  $R_n = 0 \text{ Ohm}$
- Reactancia del neutro  $X_n = 25 \text{ Ohm}$
- Limitación de la intensidad a tierra  $I_{dm} = 500 \text{ A}$

#### *Nivel de aislamiento de las instalaciones de BT:*

- $V_{bt} = 10000 \text{ V}$

#### *Características del terreno:*

- Resistencia de tierra  $R_o = 150 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$
- Resistencia del hormigón  $R'o = 3000 \text{ Ohm}$

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del edificio, y la intensidad del defecto salen de:

$$I_d \times R_t \leq V_{bt} \quad (10)$$

dónde:



$I_d$  intensidad de falta a tierra [A]  
 $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]  
 $V_{bt}$  tensión de aislamiento en baja tensión [V]

La intensidad del defecto se calcula de la siguiente forma:

$$I_d = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (11)$$

dónde:

$U_n$  tensión de servicio [V]  
 $R_n$  resistencia de puesta a tierra del neutro [Ohm]  
 $R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]  
 $X_n$  reactancia de puesta a tierra del neutro [Ohm]  
 $I_d$  intensidad de falta a tierra [A]

La resistencia total de puesta a tierra preliminar, despejando (10):

$$R_t = 20,0 \text{ Ohm}$$

Operando según la fórmula (11), en este caso, el resultado preliminar obtenido es:

$$I_d = 360,67 \text{ A}$$

Se selecciona el electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas, y de aplicación en este caso concreto, según las condiciones del sistema de tierras) que cumple el requisito de tener una  $K_r$  más cercana inferior o igual a la calculada para este caso y para este centro.

Valor unitario de resistencia de puesta a tierra del electrodo:

$$K_r \leq \frac{R_t}{R_o} \quad (12)$$

dónde:

$R_t$  resistencia total de puesta a tierra [Ohm]  
 $R_o$  resistividad del terreno en [Ohm·m]  
 $K_r$  coeficiente del electrodo

### 3.5.4.1. Centro de Transformación:

Para nuestro caso particular, y según los valores antes indicados:

$$K_r \leq 0,1333$$



La configuración adecuada para este caso tiene las siguientes propiedades:

- |   |                 |
|---|-----------------|
| • Configuración seleccionada:           | 8/32            |
| • Geometría del sistema:                | Picas alineadas |
| • Distancia entre picas:                | 3 m             |
| • Profundidad del electrodo horizontal: | 0,8 m           |
| • Número de picas:                      | Dos             |
| • Longitud de las picas:                | 2 metros        |

Parámetros característicos del electrodo:

- |                             |                |
|-----------------------------|----------------|
| • De la resistencia         | $K_r = 0,130$  |
| • De la tensión de paso     | $K_p = 0,0170$ |
| • De la tensión de contacto | $K_c = 0,0000$ |

Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto.

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, se adaptan las siguientes medidas de seguridad:

- Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del edificio no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar a tensión debido a defectos o averías.
- En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm, conectado a la puesta a tierra del mismo.
- En el caso de instalar las picas en hilera, se dispondrán alineadas con el frente del edificio.

El valor real de la resistencia de puesta a tierra del edificio será:

$$R'_t = K_r \cdot R_o \quad (13)$$

dónde:

- |        |  |
|--------|--|
| $K_r$  | coeficiente del electrodo                  |
| $R_o$  | resistividad del terreno en [Ohm·m]        |
| $R'_t$ | resistencia total de puesta a tierra [Ohm] |

por lo que para el Centro de Transformación:

$$R'_t = 19,5 \text{ Ohm}$$

y la intensidad de defecto real, tal y como indica la fórmula (11):

$$I'd = 364,98 \text{ A}$$



### 3.5.5. Cálculo de las tensiones de paso en el interior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior en los edificios de maniobra interior, ya que éstas son prácticamente nulas.

La tensión de defecto vendrá dada por:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (14)$$

dónde:

$R'_t$	resistencia total de puesta a tierra [Ohm]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_d$	tensión de defecto [V]

por lo que en el Centro de Transformación:

$$V'_d = 7.101,78 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso será igual al valor de la tensión máxima de contacto siempre que se disponga de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra según la fórmula:

$$V'_c = K_c \cdot R_o \cdot I'_d \quad (15)$$

dónde:

$K_c$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_c$	tensión de paso en el acceso [V]

En este caso, al estar las picas alineadas frente a los accesos al Centro de Transformación paralelas a la fachada, la tensión de paso en el acceso va a ser prácticamente nula por lo que no la consideraremos.

### 3.5.6. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.

Adoptando las medidas de seguridad adicionales, no es preciso calcular las tensiones de contacto en el exterior de la instalación, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Tensión de paso en el exterior:

$$V'_p = K_p \cdot R_o \cdot I'_d \quad (16)$$





dónde:

$K_p$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
$V'_p$	tensión de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

$$V'_p = 928,69 \text{ V en el Centro de Transformación}$$

### 3.5.7. Cálculo de las tensiones aplicadas.

#### 3.5.7.1. Centro de Transformación

Los valores admisibles son para una duración total de la falta igual a:

$$t = 0,7 \text{ seg}$$

$$K = 72$$

$$n = 1$$

Tensión de paso en el exterior:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot R_o}{1000} \right) \quad (17)$$

dónde:

$K$	coeficiente
$t$	tiempo total de duración de la falta [s]
$n$	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$V_p$	tensión admisible de paso en el exterior [V]

por lo que, para este caso:

$$V_p = 1.954,29 \text{ V}$$

La tensión de paso en el acceso al edificio:

$$V_{p(acc)} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot R_o + 3 \cdot R'_o}{1000} \right) \quad (18)$$

dónde:

$K$	coeficiente
$t$	tiempo total de duración de la falta [s]



n	coeficiente
$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$R'_o$	resistividad del hormigón en [Ohm·m]
$V_{p(acc)}$	tensión admisible de paso en el acceso [V]

por lo que, para este caso:

$$V_{p(acc)} = 10.748,57 \text{ V}$$

Comprobamos ahora que los valores calculados para el caso de este Centro de Transformación son inferiores a los valores admisibles:

Tensión de paso en el exterior del centro:

$$V'_p = 928,69 \text{ V} < V_p = 1.954,29 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro:

$$V'_{p(acc)} = 0 \text{ V} < V_{p(acc)} = 10.748,57 \text{ V}$$

Tensión de defecto:

$$V'_d = 7.101,78 \text{ V} < V_{bt} = 10.000 \text{ V}$$

Intensidad de defecto:

$$I_a = 50 \text{ A} < I_d = 360,97 \text{ A} < I_{dm} = 500 \text{ A}$$

### 3.5.8. Investigación de las tensiones transferibles al exterior

Para garantizar que el sistema de tierras de protección no transfiera tensiones al sistema de tierra de servicio, evitando así que afecten a los usuarios, debe establecerse una separación entre los electrodos más próximos de ambos sistemas, siempre que la tensión de defecto supere los 1.000V.

En este caso es imprescindible mantener esta separación, al ser la tensión de defecto superior a los 1.000 V indicados.

La distancia mínima de separación entre los sistemas de tierras viene dada por la expresión:

$$D = \frac{R_o \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi} \quad (19)$$

dónde:

$R_o$	resistividad del terreno en [Ohm·m]
$I'_d$	intensidad de defecto [A]
D	distancia mínima de separación [m]



Para este Centro de Transformación:

$$D = 8,69 \text{ m}$$

Se conectará a este sistema de tierras de servicio el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características del sistema de tierras de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/22 (según método UNESA)
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: Dos
- Longitud entre picas: 2 metros
- Profundidad de las picas: 0,5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$K_r = 0,201$$

$$K_c = 0,0392$$

El criterio de selección de la tierra de servicio es no ocasionar en el electrodo una tensión superior a 24 V cuando existe un defecto a tierra en una instalación de BT protegida contra contactos indirectos por un diferencial de 650 mA.

Para ello la resistencia de puesta a tierra de servicio debe ser inferior a 37 Ohm.

$$R_{tserv} = K_r \cdot R_o = 0,201 \cdot 150 = 30,15 < 37 \text{ Ohm}$$

Para mantener los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio independientes, la puesta a tierra del neutro se realizará con cable aislado de 0,6/1 kV, protegido con tubo de PVC de grado de protección 7 como mínimo, contra daños mecánicos.

### 3.5.9. Corrección y ajuste del diseño inicial

Según el proceso de justificación del electrodo de puesta a tierra seleccionado, no se considera necesaria la corrección del sistema proyectado.

No obstante, se puede ejecutar cualquier configuración con características de protección mejores que las calculadas, es decir, atendiendo a las tablas adjuntas al Método de Cálculo de Tierras de UNESA, con valores de " $K_r$ " inferiores a los calculados, sin necesidad de repetir los cálculos, independientemente de que se cambie la profundidad de enterramiento, geometría de la red de tierra de protección, dimensiones, número de picas o longitud de éstas, ya que los valores de tensión serán inferiores a los calculados en este caso.



## 4. RED SUBTERRANEA EN BAJA TENSIÓN

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN.

“La distribución se realizará en sistema trifásico a las tensiones de 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro.

Para la elección de un cable deben tenerse en cuenta, en general, cuatro factores principales cuya importancia difiere en cada caso.” [3]

Dichos factores son:

- Tensión de la red y su régimen de explotación.
- Intensidad a transportar en determinadas condiciones de instalación.
- Caídas de tensión en régimen de carga máxima prevista.
- Intensidades y tiempo de cortocircuito.

Las características de los conductores en régimen permanente a título orientativo serán, según [3] son las siguientes:

Sección (mm <sup>2</sup> )	R-20° (Ω/Km.)	X (Ω/Km.)	Intensidad máxima admisible(A)
50	0,641	0,080	115
95	0,320	0,076	175
150	0,206	0,075	230
<b>240</b>	<b>0,125</b>	<b>0,070</b>	<b>305</b>

Tabla 9: Características de los conductores en régimen permanente (Instalación tubular enterrada)

Los valores de las intensidades máximas admisibles, están determinados bajo las siguientes condiciones, obtenidas de [3]:

- Temperatura del terreno: 25 °C
- Temperatura ambiente: 40 °C
- Resistencia térmica del terreno: 1,5 km/W
- Profundidad de soterramiento: 0,7 metros

“A estos valores orientativos se deberán aplicar los coeficientes de reducción, según lo especificado en la ITC-BT-07.”

“Para justificar la sección de los conductores se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- Intensidad máxima admisible por el cable.



- Caída de tensión.

La elección de la sección del cable a adoptar está supeditada a la capacidad máxima del cable y a la caída de tensión admisible, que no deberá exceder del 5%.

Cuando el proyecto sea de una derivación a conectar a una línea ya existente, la caída de tensión admisible en la derivación se condicionará de forma que, sumado al de la línea ya existente hasta el tramo de derivación, no supere el 5% para las potencias transportadas en la línea y las previstas a transportar en la derivación.

Para la elección entre los distintos tipos de líneas desde el punto de vista de la sección de los conductores, aparte de las limitaciones de potencia máxima a transportar y de caída de tensión, que se fijan en cada uno, deberá realizarse un estudio técnico-económico desde el punto de vista de pérdidas, por si fuera justificado con el mismo la utilización de una sección superior a la determinada por los conceptos anteriormente citados.” [3]

## **4.2. DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS FACTORES.**

A efectos del cálculo tendremos en cuenta las siguientes características particulares de la instalación, para determinar valor máximo de la intensidad admisible que circulará por el cable, en este caso serán:

- Temperatura del terreno, 25 °C
- Terreno de resistividad térmica normal, 1,5 Km/W
- Terna de cables unipolares agrupados en contacto mutuo.
- Cables enterrados en una zanja en el interior de tubos a una profundidad de 0,8 metros.

Dadas las características particulares será necesaria la aplicación de dos coeficientes de corrección para el valor máximo de la intensidad admisible, el relativo a la profundidad de los cables enterrados en una zanja en el interior de tubos, que según la tabla 6C del anexo C de [3] tendremos que aplicar un factor de 0,98, valor obtenido de interpolar el correspondiente a una instalación enterrada a una profundidad de 0,8 y 1 metro, ya que nuestra instalación estará a una profundidad de 0,9 metros y el relativo a la distancia para agrupamiento de cables entubados, que según la tabla 5C del anexo C de [3] tendremos que aplicar un factor de 0,87, ya que los tubos de esta instalación están prácticamente en contacto.

“La elección de la sección en función de la intensidad máxima admisible, se calculará partiendo de la potencia que ha de transportar el cable, calculando la intensidad correspondiente y eligiendo el cable adecuado, de acuerdo con los valores de las intensidades máximas que figuran en las NI 56.31.21 o en los datos suministrados por el fabricante.” [3]

### **4.2.1. Intensidad**

La intensidad se determinará por la fórmula:



$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (20)$$

#### 4.2.2. Caída de tensión

La determinación de la sección en función de la caída de tensión se realizará mediante la fórmula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \quad (21)$$

Dónde:

W =	Potencia en kW
U =	Tensión compuesta en kV
$\Delta U$ =	Caída de tensión
I =	Intensidad en amperios
L =	Longitud de la línea en Km.
R =	Resistencia del conductor en $\Omega/\text{Km}$ .
X =	Reactancia a frecuencia 50 Hz en $\Omega/\text{Km}$ .
$\cos \varphi$ =	Factor de potencia

##### 1. Intensidad máxima admisible por el cable.

- Tramo CT – C/A.1 C/B.33

$$\text{Según (20)} \quad I = \frac{149.640}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 239,98 A$$

- Tramo CT – C/B.29 31

$$\text{Según (20)} \quad I = \frac{158.610}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 254,37 A$$

Ahora, fijándonos en la tabla 8 anterior, del apartado 4.1, intensidades máximas admisibles, en amperios, para cables con conductores de aluminio en instalación tubular enterrada (servicio permanente), seleccionamos la intensidad correspondiente a la sección de  $240 \text{ mm}^2$ , puesto que es la única superior a la intensidad de cálculo de los dos tramos de la instalación.

La intensidad máxima admisible para la sección de  $240 \text{ mm}^2$  es de 305 A, a la cual la tenemos que aplicar los factores de corrección de 0,98 y 0,87, especificados anteriormente



en el punto 4.2, por lo que la intensidad máxima admisible en régimen permanente una vez aplicado el factor de corrección por las características de la instalación, será de 260,043 A. Superior a la intensidad de cálculo, por tanto la sección elegida es suficiente para cumplir con el requisito de la intensidad máxima admisible.

## 2. Caída de tensión.

- Tramo CT – C/A.1 C/ B.33

Según (21):  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot 239,98 \cdot 0,050 \cdot (0,125 \cdot 0,9 + 0,070 \cdot 0,435) = 2,97V$

Luego:  $\Delta U = 0,75 \%$

- Tramo CT– C/ B.29 31

Según (21):  $\Delta U = \sqrt{3} \cdot 254,37 \cdot 0,100 \cdot (0,125 \cdot 0,9 + 0,070 \cdot 0,435) = 6,30V$

Luego:  $\Delta U = 1,58 \%$

Como puede observarse, la sección elegida no supera la caída de tensión máxima permitida, enunciada anteriormente, en ninguno de los dos tramos.

## 4.3. PROTECCIONES DE SOBREINTENSIDAD

Para la determinación de las secciones calculadas anteriormente se ha tenido en cuenta que los conductores estarán protegidos por los fusibles existentes contra sobrecargas y cortocircuitos.

“Para la adecuada protección de los cables contra sobrecargas, mediante fusibles de la clase “gG” se indica en el siguiente cuadro, la intensidad nominal del mismo según [3].” [3]

Cable 0,6/1 kV	Cartuchos fusible “gG” (Sobrecargas) $I_f = 1,6 \cdot I_n < 1,45 \cdot I_z$
	$I_n \leq 0,91 \cdot I_z$ (A)
	Instalación tubular soterrada
3 x 240 + 1 x 150 Al	250

Tabla 10: Intensidad nominal del fusible “gG” elegido.

Siendo:

- $I_f$ : corriente convencional de fusión.
- $I_n$ : corriente asignada de un cartucho fusible
- $I_z$ : corriente admisible para los conductores cargados s/UNE 20 460-5-523





Además se ha previsto la protección de los conductores contra cortocircuitos, por lo que se tendrá en consideración la longitud de la línea que realmente protege y que se indica en el siguiente cuadro, cuyos datos han sido obtenidos de [3].

<b>I<sub>cc</sub> I máxima</b>	580	715	950	1250	1650	2200
<b>Fusibles “gG” Calibre I<sub>n</sub> (A)</b>	100	125	160	200	250	315
<b>3 x 240 + 1 x 150 Al</b>	702	570	429	326	<b>247</b>	<b>185</b>
	Longitudes en metros <sup>(1)</sup>					

Tabla 11: Longitud máxima de cable protegida contra cortocircuitos y sobrecargas.

(1) Calculadas con una impedancia a 145°C del conductor de fase y neutro.

I<sub>cc</sub> (I máxima) 5 segundos (A) según tabla 3 UNE EN 60269-1.

**NOTA:** Estas longitudes se consideran partiendo del cuadro de BT del centro de transformación.

Se observa que los conductores elegidos, estarán suficientemente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas, dado que en ningún momento superamos la longitud de la tabla 10.

## 5. CÁLCULO DE LA RED SUBTERRANEA EN BAJA TENSIÓN

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se obtienen los siguientes resultados:

TRAMO	P (kW)	I <sub>n</sub> (A)	L <sub>p</sub> (m)	S Al (mm <sup>2</sup> )	ΔU (V)	ΔU (%)
CT – C/ A, 1 C/ B. 33	69,53+80,11	239,98	50	240	2,97	0,75
CT – C/ B. 29 31	78,50+80,11	254,37	100	240	6,30	1,58

Tabla 12: Tabla de resultados de la Red Subterránea de Baja Tensión



PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR DE 400KVA Y RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN PARA EDIFICIO DE 24 VIVIENDAS

## *PLIEGO DE CONDICIONES*



## PLIEGO DE CONDICIONES

### **1. LÍNEA SUBTERRÁNEA**

#### **1.1. CANALIZACIONES**

La ejecución de las instalaciones de líneas subterráneas de alta tensión se realizará básicamente en los siguientes tipos de canalizaciones:

- Canalizaciones enterradas.
- Canalizaciones entubadas por aceras.
- Cruces por calzadas.
- Canalizaciones en galería o instalación al aire.

Las canalizaciones a utilizar en este proyecto se describen en los apartados de memoria y planos.

#### **1.2. TRAZADO**

Las canalizaciones, salvo casos de fuerza mayor, discurrirán por terrenos de dominio público, bajo las aceras, evitándose ángulos pronunciados.

El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.

Antes de proceder al comienzo de los trabajos, se marcarán en el pavimento de las aceras, los lugares donde se abrirán las zanjas, señalando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejarán puentes para la contención del terreno.

Si hay posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones, con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que durante las operaciones del tendido, deben tener las curvas en función de la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

#### **1.3. SEGURIDAD EN LA EJECUCIÓN DE LA CANALIZACIÓN**

Las zanjas se realizarán cumpliendo todas las medidas de seguridad personal y vial indicadas en las Ordenanzas Municipales, Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Código de la Circulación, etc.



Todas las obras deberán estar perfectamente señalizadas y balizadas, tanto frontal como longitudinalmente (chapas, tableros, valla, luces,...).

La obligación de señalizar alcanzará, no sólo a la propia obra, sino aquellos lugares en que resulte necesaria cualquier indicación como consecuencia directa o indirecta de los trabajos que se realicen.

#### **1.4. MATERIALES, REQUISITOS QUE DEBEN DE CUMPLIR**

##### **1. CABLES:**

- Cumplirá con la norma NI 56.43.01, UNE 21 022.
- Su sección será la indicada en el proyecto de cada línea.

##### **2. CINTA SEÑALIZACIÓN:**

- Norma NI 29.00.01.

##### **3. PLACA CUBRECABLES:**

- NI 52.95.01.

##### **4. TERMINALES:**

- NI 56.80.02 y NI 72.83.00.
- Los terminales serán del tipo designado por el fabricante para la sección de los cables del proyecto de la red.
- Estarán de acuerdo con la naturaleza del aislamiento del cable.
- Serán de exterior o enchufables.

##### **5. SEÑALES AUTOADHESIVAS:**

- NI 29.05.04.

##### **6. EMPALMES:**

- NI 56.80.02 y NI 72.83.00.
- Serán del tipo designado por el fabricante para la sección de los cables del proyecto.
- Estarán de acuerdo con la naturaleza del aislamiento de los cables a empalmar



## 7. CINTAS DE IDENTIFICACIÓN Y ABRAZADERAS DE AGRUPACIÓN DE CABLES:

- Las cintas de identificación y abrazaderas tendrán la calificación de material aceptado.
- Las cintas de identificación serán de color amarillo, marrón o verde. Las abrazaderas de agrupación de cables serán de material sintético y de color negro.

## 8. ARENA:

- La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta, áspera, crujiente al tacto, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas. Si fuese necesario, se tamizará o lavará convenientemente. (Tamiz 032 UNE).
- Se utilizará indistintamente de mina o de río, siempre que reúna las condiciones señaladas anteriormente; las dimensiones de los granos serán de 3 mm como máximo.
- Estará exenta de polvo, para lo cual no se utilizará arena con granos de dimensiones inferiores a 0,2 mm.

## 9. LADRILLO PARA FÁBRICA:

- Los ladrillos empleados para la ejecución de fábricas serán de ladrillo cocido y de dimensiones regulares, y a ser posible enteros.

## 10. TUBOS TERMOPLÁSTICOS:

- Los tubos serán de material termoplástico (libre de halógenos) de un diámetro de 160 mm, como mínimo.

## 11. HORMIGONES:

- Los hormigones serán preferentemente prefabricados en planta y cumplirán las prescripciones de la Instrucción Española para la ejecución de las obras de hormigón EH 90. El hormigón a utilizar en los rellenos y asientos de los tubos, en su caso, será del tipo H125.

## 12. PUESTA A TIERRA DE PANTALLA:

- La puesta a tierra de las pantallas metálicas de los cables en los terminales se realizará con materiales calificados como aceptados.



### 13. ARQUETA PREFABRICADA:

- Las arquetas prefabricadas tendrán la calificación de material aceptado.

### 14. SOPORTE TERMINALES Y PARARRAYOS:

- Los soportes de los terminales y de los pararrayos tendrán la calificación de material aceptado.

### 15. CONEXIONES METÁLICAS:

- Las conexiones de los terminales a las instalaciones se realizarán utilizando material aceptado.

### 16. PUESTA A TIERRA DE SOPORTES:

- La puesta a tierra de los soportes se realizará con material aceptado.

### 17. SOPORTE GALERÍA:

- Los soportes y piezas de sujeción de los cables en galería serán los normalizados por Iberdrola y tendrán la calificación de material aceptado.

### 18. TORNILLERÍA DE CONEXIÓN:

- La tornillería será de paso, diámetro y longitud indicada para cada terminal.
- Estarán protegidos contra la oxidación por una protección adecuada.

### 19. LOSETA HIDRÁULICA:

- La loseta hidráulica empleada en la reposición de pavimentos será nueva y tendrá la textura y tonos del pavimento a reponer.

### 20. ASFALTOS:

- Los pavimentos de las capas de rodadura en las calzadas serán de las mismas características de los existentes, en cuanto a clases, aglomerados en frío o caliente, etc, o tipo de cada uno de estos (cerrado, abierto...).



## 21. MARCOS PARA ARQUETAS:

- Los marcos para las arquetas, tendrán la calificación de material aceptado.

## 22. TAPAS PARA ARQUETAS:

- Las tapas para las arquetas, tendrán la calificación de material aceptado.

## 1.5. MANO DE OBRA, REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIRSE DURANTE LA EJECUCIÓN

### 1. EXCAVACIÓN:

- El constructor, antes de empezar los trabajos de excavación en apertura de zanjas, hará un estudio de canalización, de acuerdo con las normas municipales. Determinará las protecciones precisas, tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc. Decidirá las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos. Todos los elementos de protección y señalización los tendrá dispuestos antes de dar comienzo a la obra. Las zanjas se abrirán en terrenos de dominio público, preferentemente bajo acera.
- En las zonas donde existan servicios de Iberdrola instalados con antelación a los del proyecto, las zanjas se abrirán sobre estos servicios, con objeto de que todos los de Iberdrola queden agrupados en la misma zanja.
- Las dimensiones de las zanjas serán las definidas en la memoria y planos del proyecto a que hace referencia el capítulo II de las Normas Particulares.
- En los casos especiales, debidamente justificados, en que la profundidad de la colocación de los conductores sea inferior al 60% de la indicada en el proyecto, se protegerán mediante tubos, conductos, chapas, etc, de adecuada resistencia mecánica.
- En los cruzamientos y paralelismos con otros servicios, se atenderá a lo dispuesto por los Organismos Oficiales, propietarios de los servicios a cruzar. En cualquier caso, las distancias a dichos servicios serán, como mínimo, de 25 cm.
- No se instalarán conducciones paralelas a otros servicios coincidentes en la misma proyección vertical. La separación entre los extremos de dichas proyecciones será mayor de 30 cm.
- En los casos excepcionales en que las distancias mínimas indicadas anteriormente no puedan guardarse, los conductores deberán colocarse en el interior de tubos de material incombustible de suficiente resistencia mecánica.





- La zanja se realizará lo más recta posible, manteniéndose paralela en toda su longitud a los bordillos de las aceras o a las fachadas de los edificios principales.
- En los trazados curvos, la zanja se realizará de forma que los radios de los conductores, una vez situados en sus posiciones definitivas, sean como mínimo 15 veces el diámetro del cable.
- Los cruces de las calzadas serán rectos, a ser posible perpendiculares al eje de las mismas.

## 2. RETIRADA DE TIERRAS:

- La tierra sobrante, así como los escombros del pavimento y firme se llevarán a escombrera o vertedero, debidamente autorizados con el canon de vertido correspondiente.

## 3. RELLENOS DE ZANJAS CON TIERRAS, TODO - UNO, ZAHORRAS O HORMIGÓN:

- Una vez colocadas las protecciones del cable, señaladas en identif. 29, se rellenará toda la zanja con tierra de la excavación o de préstamo, según el caso, apisonada, debiendo realizarse los 25 primeros cm de forma manual. Sobre esta tongada se situará la cinta de atención al cable.
- El cierre de las zanjas se realizará por tongadas, cuyo espesor original sea inferior a 25 cm, compactándose inmediatamente cada una de ellas antes de proceder al vertido de la tongada siguiente. La compactación estará de acuerdo con el pliego de condiciones técnicas del municipio correspondiente.
- En las zanjas realizadas en aceras o calzadas con base de hormigón, el relleno de la zanja con tierras compactas, no sobrepasará la cota inferior de las bases de hormigón.
- El material de aportación para el relleno de las zanjas tendrá elementos con un tamaño máximo de 10 cm, y su grado de humedad será el necesario para obtener la densidad exigida en las ordenanzas municipales, una vez compactado.

## 4. RELLENOS DE ZANJAS CON TIERRAS U HORMIGÓN:

- El relleno de zanjas en cruces se realizará con todo-uno o zahorras, o con hormigón H 125, hasta la cota inferior del firme.

## 5. ASIENTO DE CABLES CON ARENA (TAMIZ 032 UNE):

- En el fondo de las zanjas se preparará un lecho de arena de las características indicadas, de 10 cm de espesor, que ocupe todo su ancho.



- Una vez terminado el tendido, se extenderá sobre los cables colocados, una segunda capa de arena de 10 cm de espesor, como mínimo, que ocupe todo el ancho de la zanja.

#### 6. ASIENTO DE TUBOS CON HORMIGÓN H125 O CON ARENA:

- El número de tubos y su distribución en capas serán los indicados en el proyecto, y estarán hormigonados en toda su longitud, o con asiento de arena. Una vez instalados, los tubos no presentarán en su interior resaltes que impidan o dificulten el tendido de los conductores, realizándose las verificaciones oportunas (paso de testigo).
- Antes de la colocación de la capa inferior de los tubos, se extenderá una tongada de hormigón H125 o de arena, según el caso, y de 5 cm de espesor que ocupe todo el ancho de la zanja, su superficie deberá quedar nivelada y lo más lisa posible.
- Sobre esta tongada se colocarán todos los tubos, realizando los empalmes necesarios, los tubos quedarán alineados y no presentarán en su interior resaltes ni rugosidades.
- El conjunto de los tubos se cubrirá con hormigón H125 o de arena, según el caso, hasta una cota que rebase la superior de los tubos en, al menos, 10 cm, y que ocupe todo el ancho de las zanjas.

#### 7. COLOCACIÓN CINTA SEÑALIZACIÓN:

- En las canalizaciones, salvo en los cruces en calzadas, se colocará una cinta de polietileno, con el anagrama de IBERDROLA. Se colocarán a lo largo de la canalización, en número y distribución, según lo indicado en el proyecto.

#### 8. COLOCACIÓN PROTECCIÓN MECÁNICA:

- Sobre el asiento del cable en arena se colocará una protección mecánica de un tubo termoplástico de un diámetro de 160 mm o un tubo y una placa cubrecable, según el caso. Se colocará la protección mecánica a lo largo de la canalización en número y distribución, según lo indicado en el proyecto.

#### 9. PAVIMENTOS:

- En la rotura de pavimentos se tendrán en cuenta las disposiciones dadas por las entidades propietarias de los mismos.
- La rotura del pavimento con maza está prohibida, debiendo hacer el corte del mismo de una manera limpia, como con tajadera.
- En el caso en que el pavimento esté formado por losas, adoquines, bordillos de granito u otros materiales de posterior utilización, se quitarán éstos con la precaución debida para no ser dañados, colocándose de forma que no sufran deterioro en el lugar que molesten



menos a la circulación. El resto del material procedente del levantado del pavimento será retirado a vertedero.

- Los pavimentos serán repuestos con las normas y disposiciones dictadas por los organismos competentes o el propietario. Para la reconstrucción de las soleras de hormigón de la acera, una vez concluido el relleno de las zanjas, se extenderá una tongada de hormigón con características H125, que ocupando todo el ancho de la zanja, llegue hasta la capa superior del firme primitivo; este nuevo firme tendrá el mismo espesor del primitivo, pero nunca inferior a 10 cm.
- En la reconstrucción de las bases de hormigón de las calzadas, se procederá del mismo modo que en las aceras, pero con espesores mínimos de 20 cm.
- Una vez transcurrido el plazo necesario para comprobar que el hormigón ha adquirido la resistencia suficiente, se procederá a la reconstrucción de los pavimentos o capas de rodadura.
- Para la reconstrucción de pavimentos de acera de cemento, se extenderá sobre la solera de hormigón un mortero de dosificación 175 kg ó 200 kg, en el que una vez alisado, se restablecerá el dibujo existente.
- Para la reconstrucción de los pavimentos de loseta hidráulica se extenderá sobre la solera de hormigón un mortero semiseco de dosificación 175 ó 200 kg, y una vez colocadas las losetas hidráulicas, se recargará, primero con agua, y luego con una lechada de cemento. En ningún caso se realizará la reconstrucción parcial de una loseta hidráulica. De darse tal necesidad, se comenzará por levantar, previamente, la parte precisa para que el proceso afecte a losetas hidráulicas completas.
- En la reconstrucción de capas de rodadura de empedrado sobre hormigón, se extenderá un mortero semiseco de 175 ó 200 kg de dosificación sobre la infraestructura de hormigón.
- Una vez colocado el adoquín, se regará primero con agua y luego con una lechada de cemento. El pavimento reconstruido se mantendrá cerrado al tránsito durante el plazo necesario para que adquiera la consistencia definitiva.
- Para la reinstalación de bordillos, bien graníticos o prefabricados de hormigón, se colocarán siempre sentados sobre hormigón H125 y mortero de 175 kg ó 200 kg de dosificación. La solera de hormigón tendrá un espesor mínimo de 30 cm.
- Para la reconstrucción de la capa de rodadura de aglomerado asfáltico o asfalto fundido, se levantará del pavimento existente, una faja adicional de 5 cm de anchura a ambos lados del firme de hormigón, cortado verticalmente.
- Una vez retirados los sobrantes producidos y limpia la totalidad de la superficie, se procederá a la extensión del nuevo material, que tendrá idénticas características que el existente, sobre la infraestructura de hormigón ya creada. Después de su compactación, el pavimento



reconstruido se mantendrá cerrado al tránsito durante el plazo necesario para que adquiriera la consistencia definitiva.

- La reconstrucción de pavimentos o capas de rodadura de tipo especial, tales como losas graníticas, asfalto fundido, loseta asfáltica, etc, se realizará adaptando las normas anteriores al caso concreto de que se trate. Una vez terminada la reposición de los pavimentos, éstos presentarán unas características homogéneas con los pavimentos existentes, tanto de materiales como de colores y texturas.
- La reposición de tierra-jardín, se realizará de acuerdo con las disposiciones dictadas por los Organismos Competentes o por el propietario.

#### 10. COLOCACIÓN MARCO Y TAPA:

- En la cabeza de las arquetas registrables se colocarán los marcos y tapas indicadas en el proyecto, debidamente enrasados con el pavimento correspondiente.
- Los marcos se recibirán con mortero M250.

#### 11. COLOCACIÓN DE ARQUETAS Y CALAS DE TIRO:

- En los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas se dispondrá preferentemente de calas de tiros y excepcionalmente de arquetas ciegas, arquetas de hormigón o ladrillo, de dimensiones necesarias para que el radio de curvatura de tendido sea, como mínimo, 20 veces el diámetro exterior del cable. No se admitirán ángulos inferiores a 90°, y aún éstos se limitarán a los indispensables. En general los cambios de dirección se harán con ángulos grandes.
- Las arquetas prefabricadas de hormigón se colocarán sobre el suelo acondicionado previamente, y debidamente niveladas.
- Los módulos estarán sellados por medio de juntas.
- Las arquetas "in situ" y sus suplementos, se ajustarán a lo indicado en el MT-NEDIS 2.03.21.
- Las arquetas ciegas se ajustarán a lo indicado en el MT-NEDIS 2.03.21.

#### 12. PERFORACIONES HORIZONTALES (TOPO):

- Las perforaciones en horizontal por medios mecánicos mediante máquina especial adecuada, se realizarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- El número de tubos y diámetro de estos será el indicado en el proyecto.

#### 13. PERFORACIONES DE MUROS (HORMIGÓN O MAMPOSTERÍA):

- La rotura de muros se realizará con maquinaria apropiada (compresor/martillo), colocando tubos rectos termoplásticos, separados



entre sí 2 cm y sobre paredes del hueco abierto 5 cm, recibiendo los tubos con mortero M250.

#### 14. COLOCACIÓN DE TAPÓN PARA TUBO:

- En la boca de los tubos termoplásticos sin ocupación de cables se colocarán los tapones correspondientes, debidamente presionados en su posición tope.

#### 15. SELLADO DE TUBOS:

- En los tubos termoplásticos que contengan cables o en los tubos que se considere necesario por su proximidad de tuberías de agua, saneamientos o similares, se taponarán sus bocas con espuma poliuretano o cualquier otro procedimiento autorizado por Iberdrola. Se seguirá, en cualquier caso, las instrucciones dadas por el fabricante.

#### 16. ENCAÑADO DE LÍNEAS:

- Los tubos en las canalizaciones entubadas con o sin conductor, se repararán de acuerdo con el encañado de líneas indicado en el MT-NEDIS 2.03.21.

#### 17. TENDIDO:

- El transporte de bobinas de cable se realizará sobre camiones o remolques apropiados.
- Las bobinas estarán convenientemente calzadas y no podrán retener con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina sobre la capa exterior del cable enrollado.
- La carga y descarga se realizará suspendiendo la bobina por medio de una barra que pasen por el eje central de la bobina y con los medios de elevación adecuados a su peso. No se dejarán caer al suelo desde un camión o remolque.
- Los desplazamientos de las bobinas sobre el suelo, rodándolas, se realizarán en el sentido de rotación indicado generalmente con una flecha en la bobina, con el fin de evitar que se afloje el cable.
- El tendido se realizará con los cables soportados por rodillos adecuados que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable, dispondrán además de una base que impida su vuelco y su garganta tendrá las dimensiones necesarias para que circule el cable sin que se salga o caiga. La distancia entre rodillos será tal que el cable, durante el tendido, no roce con la arena.
- Antes de empezar el tendido se estudiará el punto más apropiado para situar la bobina. En caso de trazados con pendiente, suele ser conveniente tender cuesta abajo. Se procurará colocarla lo más alejada posible de los entubados. La bobina estará elevada y sujeta por medio de la barra y gatos apropiados. Tendrá un dispositivo de frenado eficaz.



Su situación será tal que la salida de cable durante el tendido se realice por su parte superior.

- Antes de tender el cable, se recorrerán con detenimiento las zanjas abiertas o en los interiores de los tubos, para comprobar que se encuentran sin piedra u otros elementos duros que puedan dañar a los cables en su tendido, realizando las verificaciones oportunas (paso de testigo por los tubos).
- Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc, y teniendo siempre presente que el radio de curvatura del cable será superior a 20 veces su diámetro durante su tendido, y superior a 15 veces su diámetro, una vez instalado.
- Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. El cable se guiará por medio de una cuerda sujeta al extremo del mismo por una funda de malla metálica.
- También se puede tender mediante cabrestantes, tirando de la vena del cable, al que se habrá adosado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción igual o inferior a  $2,4 \text{ daN/mm}^2$  ó al indicado por el fabricante del cable.
- Los cabrestantes u otras máquinas que proporcionen la tracción necesaria para el tendido, estarán dotadas de dinamómetros apropiados.
- El tendido de los conductores se interrumpirá cuando la temperatura ambiente sea inferior a  $0^\circ\text{C}$ , debido a la rigidez que a esas temperaturas toma el aislamiento.
- Los conductores se colocarán en su posición definitiva, tanto en las zanjas como en canales de obra o las galerías, siempre a mano, sin utilizar palancas u otros útiles, quedarán perfectamente alineados en las posiciones indicadas en el proyecto.
- Para identificar los cables unipolares se marcarán con cintas adhesivas de colores verde, amarillo y marrón, cada 1,5 m.
- Cada 10 m, como máximo, y sin coincidir con las cintas de señalización, se pondrán unas abrazaderas de material sintético de color negro que agrupen la terna de conductores y los mantenga unidos.
- En los entubados no se permitirá el paso de dos circuitos por el mismo tubo.
- Cuando en una zanja coincidan líneas de distintas tensiones, se situarán en bandas horizontales a distinto nivel, de forma que en cada banda se agrupen los cables de igual tensión. La separación mínima entre cada



dos bandas será de 25 cm. La separación entre dos cables multipolares dentro de una misma banda será de 10 cm, como mínimo.

- La profundidad de las respectivas bandas de cables dependerá de las tensiones, de forma que la mayor profundidad corresponda a la mayor tensión.
- Cuando se coloque por banda más de los circuitos indicados, se abrirá una zanja de anchura especial, teniendo siempre en cuenta la separación mínima de 10 cm entre líneas.
- No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina, y sus extremos protegidos convenientemente para asegurar su estanqueidad.
- Antes del tapado de los conductores con la segunda capa de arena, se comprobará que durante el tendido no se han producido erosiones en la cubierta.

#### 18. CONFECCIÓN DE TERMINALES:

- Se utilizarán los del tipo indicado en el proyecto, siguiendo para sus instalaciones las instrucciones y normas del fabricante, así como las reseñadas a continuación.
- En la ejecución de los terminales, se pondrá especial cuidado en limpiar escrupulosamente la parte del aislamiento de la que se ha quitado la capa semiconductor. Un residuo de barniz, cinta o papel semiconductor es un defecto grave.
- Los elementos que controlan el gradiente de campo serán los indicados por el fabricante y se realizarán con las técnicas y herramientas adecuadas.

#### 19. COLOCACIÓN DE SEÑALES AUTOADHESIVOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LÍNEA:

- La colocación de las señales autoadhesivas se hará de acuerdo con los criterios establecidos en el MT-NEDIS 2.33.18.

#### 20. CONFECCIÓN DE EMPALMES:

- La ejecución de los empalmes se realizará siguiendo las instrucciones y normas del fabricante.
- En la ejecución de empalmes en cables, se tendrá especial cuidado en la curvatura de las fases, realizándola lentamente para dar tiempo al desplazamiento de cable y no sobrepasando en ningún punto el radio mínimo de curvatura.





- Se procurará, a ser posible, no efectuar ningún cruce de fases, y en el caso de ser indispensable, se extremarán las precauciones al hacer la curvatura.
- Los manguitos para la unión de las cuerdas serán los indicados por Iberdrola, y su montaje se realizará con las técnicas y herramientas que indique el fabricante, teniendo la precaución de que durante la maniobra del montaje del manguito no se deteriore el aislamiento primario del conductor.

## 21. COLOCACIÓN DE SOPORTES Y PALOMILLAS EN PAREDES:

- En galería, los cables estarán colocados al aire sobre palomillas ancladas en los paramentos a la distancia indicada en el proyecto.
- Antes de proceder a la ejecución de los taladros para la sujeción de las palomillas, se comprobará la resistencia mecánica de las paredes, después se realizarán los taladros necesarios para colocar los pernos de anclaje, el material de agarre que se utilice será el apropiado para que las paredes no queden debilitadas y las palomillas soporten el esfuerzo previsto.
- Se replanteará la situación de las palomillas para que éstas queden alineadas, paralelas y equidistantes de forma que, una vez colocados los cables, estén bien sujetos sin quedar forzados.
- Los obstáculos que presenten los otros servicios coincidentes en la galería se salvarán con especial cuidado, realizando los cambios de cota o dirección necesarios de forma gradual.
- Los cables se sujetarán a las palomillas mediante abrazaderas de plástico adecuadas a su sección para evitar los movimientos debidos a esfuerzos electrodinámicos, etc.

## 22. PRUEBAS ELÉCTRICAS:

- Antes de ser conectado a la red, el cable se someterá a las verificaciones indicadas en el MT-NEDIS 2.33.15, para detectar los posibles daños producidos durante la manipulación del cable y accesorios.
- Se comprobará la continuidad y orden de fases.
- Se verificará la continuidad de la pantalla metálica.
- Se realizarán los ensayos dieléctricos de la cubierta y, en su caso, del aislamiento.

## 23. TOMA DE DATOS DEL TRAZADO Y CROQUIZACIÓN:

- Una vez terminada la obra, su situación en relación con las calles, aceras, edificaciones, etc, quedará reflejada en los croquis del trazado realizado según las indicaciones de Iberdrola.
- Se entregará como plano de fin de obra un plano de situación, a escala 1:500; 1:1000 ó 1:2000, con la traza de la línea incluyendo los datos necesarios para su localización e identificación de los servicios





afectados. Preferentemente esta información será en soporte informático CAD o MICROSTATION.

## **2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

### **2.1. GENERALIDADES**

La construcción de los centros de transformación se realizará siguiendo el orden de ejecución que se prescribe en este documento, y procurando ceñirse a las fases de construcción que eviten pérdidas de tiempo y anomalías en la correcta funcionalidad de la ejecución de la obra.

Las pérdidas de materiales por extravío, robo, etc. serán por cuenta del constructor.

#### **2.1.1. Medios**

El constructor estará provisto de los útiles y herramientas apropiadas al fin a que se destinan.

El constructor dispondrá de los medios apropiados para conservar los materiales que van a ser instalados.

Asimismo, las herramientas estarán debidamente calibradas, y en buen estado de conservación y uso para ejecutar la obra.

#### **2.1.2. Rechazo de materiales**

El constructor está obligado a comprobar el buen estado de los materiales, antes de efectuar la operación del transporte, a partir del cual será responsabilidad del mismo toda deficiencia que aparezca en las diferentes fases de ejecución de la obra.

Se rechazarán todos los materiales que, en su transporte, acopio, montaje, o uso indebido, hayan sufrido daños. La valoración de estos daños será realizada por el Director de obra, el cual dictaminará la reposición o reparación de los materiales y que siempre serán por cuenta del constructor.

### **2.2. EDIFICIO PREFABRICADO**

Los centros prefabricados constarán de todos los elementos previstos en sus normas NI correspondientes y su manejo se realizará con el procedimiento indicado por sus fabricantes.

Estarán dotados de todos los pernos de sujeción e izado correspondientes, que estarán apretados correctamente.

La situación del centro estará de acuerdo con las licencias de obra otorgadas, respetando las alineaciones con las edificaciones existentes, las distancias a bordillo y cuantas indicaciones figuren expresamente en ellos.



El centro quedará nivelado y con la rasante de su piso interior 10 cm como mínimo más alta de la rasante de las aceras, jardines, etc, colindantes.

Cuando el terreno así lo requiera, o exista peligro de que la maleza obture las rejillas de ventilación o las puertas de acceso, se construirán aceras perimetrales de hormigón con una anchura no inferior a 1 m, bien en todo el perímetro del edificio, o bien enfrente de las rejillas de ventilación y puertas.

### **2.3. CELDAS**

Tanto las celdas de línea como las celdas de protección del Transformador cumplirán con lo especificado en la NI 50.42.11 "Celdas de alta tensión bajo envolvente metálica hasta 36 kV, prefabricadas, con dieléctrico de SF6, para CT"

Las celdas corresponden en cuanto a sus funciones a lo especificado en el proyecto correspondiente.

Las celdas se situarán en los lugares y en el orden indicado en los planos del proyecto. Se colocarán adecuadamente sobre la solera del centro. Estarán alineados entre si (celdas extensibles), paralelas a los paramentos y perfectamente aplomadas.

### **2.4. TRANSFORMADORES**

Los transformadores serán de refrigeración natural con dieléctrico líquido (aceite ó silicona) ó con aislamiento seco (encapsulado) y cumplirán con las normas NI 72.30.00 "Transformadores trifásicos sumergidos en aceite para distribución en baja tensión", NI 72.30.06 "Transformadores trifásicos sumergidos en aceite de silicona para distribución en baja tensión" y NI 72.30.08 "Transformadores trifásicos secos tipo encapsulado, para distribución en baja tensión"

Las potencias nominales de los transformadores serán las indicadas en el proyecto.

Las tensiones nominales primaria y secundaria del transformador serán las indicadas en el proyecto.

Las operaciones necesarias para el traslado del transformador hasta su posición definitiva, se realizará aplicando la tracción necesaria por medio de mecanismos apropiados (tracteres, polipastos, etc.)

La orientación de las ruedas se realizará elevando el transformador con gatos hidráulicos apropiados; se utilizarán barras de uña, barrones, etc, únicamente como medios auxiliares.

El transformador con dieléctrico de aceite mineral quedará instalado sobre el foso de recogida del aceite, sobre carriles normalizados, que no presenten ningún resalte sobre la obra de fábrica.



## 2.5. INTERCONEXION CELDA-TRAFO

La conexión eléctrica entre la celda de alta y el transformador de potencia se realizará con cable unipolar seco de  $50 \text{ mm}^2$  de sección y del tipo HEPRZ1, empleándose la tensión asignada del cable de 12/20 kV para tensiones asignadas de CT de hasta 24 kV, y la tensión asignada del cable 18/30 kV para tensiones asignadas de CT de 36 kV.

Estos cables dispondrán en sus extremos de terminales enchufables rectos o acodados de conexión sencilla, siendo de 24 kV/200 A para CT de hasta 24 kV, de 36 kV/400 A en los CT de 36 kV.

El trazado de la interconexión será el más corto posible evitando los puentes de longitud excesiva.

Discurrirán por las canalizaciones previstas. En las subidas hacia las bornas de M.T. de los transformadores, estarán sujetos a los paramentos verticales con los herrajes definidos para tal fin en la norma NI 50.20.03 "Herrajes, puertas, tapas, rejillas y escaleras para centros de transformación".

## 2.6. CUADROS DE B.T.

Las especificaciones técnicas, tanto del módulo de acometida como del módulo de ampliación, están recogidas en la norma NI 50.48.00 "Cuadros modulares de distribución en baja tensión para centros de transformación".

Los cuadros quedarán situados en los lugares indicados en el proyecto.

Tendrán sus elementos (módulo de acometida y módulo de ampliación si la hubiera) correctamente alineados y paralelos a los paramentos de la obra civil, quedando una vez montados, perfectamente aplomados.

Quedarán adecuadamente anclados de forma que no sea posible su desplazamiento.

Los distintos elementos que constituyen el cuadro de B.T, módulo de acometida y módulo de ampliación, se ensamblarán tanto mecánica como eléctricamente, uniendo para ello las envolventes metálicas y dando continuidad a las barras principales del circuito de B.T, según las instrucciones dadas por sus fabricantes.

## 2.7. INTERCONEXION TRAFO-CUADRO B.T.

La conexión eléctrica entre el trafo de potencia y el módulo de acometida (AC) se debe realizar con cable unipolar de  $240 \text{ mm}^2$  de sección, con conductor de aluminio tipo RV y de 0,6/1 kV, especificados en la norma NI 56.31.21 "Cables unipolares RV con conductores de aluminio para redes subterráneas de B.T. 0,6/1 kV".

El número de cables será siempre de 3 para cada fase y dos para el neutro.



Estos cables dispondrán en sus extremos de terminales bimetálicos tipo TBI-M12/240, especificados en la Norma NI 58.51.73 "Terminales bimetálicos para cables aislados de B.T. en aluminio (punzonado profundo) tipo interior".

Su trazado será lo más corto posible evitándose los puentes de longitud excesiva.

Discurrirán por las canalizaciones y/o bandejas y las subidas para los parámetros verticales se realizarán con los herrajes previstos, tanto las bandejas como los herrajes están recogidos en la norma NI 50.20.03 "Herrajes, puertas, tapas, rejillas y escaleras para centros de transformación".

Los conductores estarán señalizados con cintas de PVC de colores verde, amarillo, marrón para la fase y gris para el conductor del neutro. El conjunto de los conductores de cada circuito, quedará correctamente agrupada en mazos.

La colocación de los terminales en los extremos de los cables se realizará por medio de prensas hidráulicas con las matrices adecuadas, para proporcionar al terminal la compresión correcta. Se seguirán para estas operaciones, las instrucciones del fabricante de los terminales.

La conexión entre los terminales de los cables con la pala de las bases tripolares verticales se realizará intercalando entre las palas de los terminales una arandela plana y una elástica, entre la plana y la tuerca que proporcione una presión de contacto constante aunque varíe la temperatura del conductor.

## **2.8. INSTALACION DE PUESTA A TIERRA**

### **2.8.1. Sistemas de Puesta a tierra (PaT)**

Hay que distinguir entre la línea de tierra de la PaT de Protección y la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro).

A la línea de tierra de PaT de Protección se deberán conectar los siguientes elementos:

- Cuba de transformador/res.
- Envolvente metálica del cuadro B.T.
- Celda de alta tensión (en dos puntos).
- Pantalla del cable HEPRZ1, extremos conexión transformador.

A la línea de tierra de PaT de Servicio (neutro), se le conectará la salida del neutro del cuadro de B.T.

Las PaT de Protección y Servicio (neutro) se establecerán separadas, salvo cuando el potencial absoluto del electrodo adquiera un potencial menor o igual a 1.000 V, en cuyo caso se establecen tierras unidas.



### 2.8.2. Formas de electrodos

El electrodo de PaT estará formado por un bucle enterrado horizontalmente alrededor de CT o una disposición lineal en el edificio de otros usos.

#### Materiales a utilizar

1. **Línea de tierra de PaT de Protección:** Se empleará cable de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección, especificado en la NI 54.10.01 "Conductores desnudos de cobre para líneas aéreas y subestaciones de alta tensión".
2. **Línea de Tierra de PaT de Servicio:** Se empleará cable de cobre aislado de 50 mm<sup>2</sup> de sección, tipo DN-RA 0,6/1 kV, especificado en la NI 56.31.71 "Cable unipolar DN-RA con conductor de cobre para redes subterráneas de baja tensión 0,6/1 kV". Cuando las PaT de Protección y Servicio (neutro) hayan de establecerse separadas, como ocurre la mayor parte de las veces, el aislamiento de la línea de tierra de la PaT del neutro deberá satisfacer el requisito establecido en el párrafo anterior, pero además cumplirán la distancia de separación establecida en las tablas 3,5 y 7 respectivamente del MTDYC 2.11.01 "Proyecto tipo para Centro de Transformación de superficie" y en las zonas de cruce del cable de la línea de PaT de Servicio con el electrodo de PaT de protección deberán estar separadas una distancia mínima de 40 cm.

### 2.8.3. Electrodo de Puesta a Tierra

Por los motivos expuestos en el apartado 4.2 del MTDYC 2.11.30 "Criterios de diseño de puestas a tierra de los centros de transformación", el material será de cobre.

### 2.8.4. Bucle

La sección del material empleado para la construcción de bucles será:

- Conductor de cobre, de 50 mm<sup>2</sup>, según NI 54.10.01 "Conductores desnudos de cobre para líneas aéreas y subestaciones de alta tensión".

### 2.8.5. Piezas de conexión

Las conexiones se efectuarán empleando los elementos siguientes:

- Grapa de latón con tornillo de acero inoxidable, tipo GCP/C16, según NI 58.26.04 "Herrajes y accesorios para líneas aéreas de A.T."

### 2.8.6. Sistema de antitensión de paso y contacto (CH y SAT)

Cuando con la utilización de un electrodo normalizado, la tensión de paso y contacto resultante sea superior a la tensión de paso y contacto admisible por el ser humano, es preciso recurrir al empleo de medidas adicionales de seguridad (denominadas



CH y SAT), cuyo objetivo es garantizar que la tensión de paso y contacto admisible sea superior a las resultantes.

El CH es una capa de hormigón seco ( $r_s=3000 \text{ Ohm.m}$ ) que se colocará como acera perimetral en todo el contorno del Centro de Transformación, con una anchura de 1,50 m y un espesor de 10 cm.

El SAT es un sistema de antitensión de paso y contacto que se aplicará sobre la capa de hormigón seco. El producto y su aplicación vienen especificados en la norma NI 09.09.01 "Sistema de antitensión de paso y contacto".

### **2.8.7. Ejecución de las Puestas a Tierra**

Para acometer la tarea de seleccionar el electrodo de PaT es necesario el conocimiento del valor numérico de la resistividad del terreno, pues de ella dependerá tanto la resistencia de difusión a tierra como la distribución de potenciales en el terreno, y como consecuencia las tensiones de paso y contacto resultante en la instalación.

La realización e interpretación de las mediciones de la resistividad del terreno se especifican en el MTDYC 2.03.10 "Realización e interpretación de puestas a tierra de los apoyos de líneas aéreas y de los centros de transformación". En dicho MTDYC se recoge el protocolo de medidas de resistividad del terreno.

La configuración y disposición de cada tipo de centro, viene especificada en el MTDYC 2.11.31 "Criterios de ejecución de puesta a tierra en los Centros de Transformación".

## **2.9. COMPROBACION FUNCIONAL DE EQUIPOS Y PROTECCIONES**

Se comprobará en las celdas que los mandos de interruptores seccionadores, seccionadores de p. a t.; y enclavamientos entre ellos y las tapas de los compartimentos de fusibles y cables son los correctos.

Se comprobará el correcto funcionamiento de los disparos de la celda de protección del transformador por temperatura del trafo y/o por nivel de agua en el centro, si los hubiera.

## **2.10. PLANOS DE FIN DE OBRA**

Se comprobará que los planos se ajusten al montaje ejecutado, realizando las modificaciones necesarias en los planos del proyecto, de forma que tengan en cuenta variaciones surgidas durante el montaje.

Los esquemas eléctricos reflejarán la situación final en que ha quedado el centro después de su montaje, con indicación de origen de las alimentaciones y el destino de la salida de los cables de M.T.



PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR DE 400KVA Y RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN PARA EDIFICIO DE 24 VIVIENDAS

## *ESTUDIO DE SEGURIDAD*



## **ESTUDIO DE SEGURIDAD**

### **1. OBJETO**

El presente Estudio Básico de Seguridad tiene por objeto, de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, precisar las normas de seguridad y salud aplicables a las obras contempladas en el Proyecto de Centro de Transformación en Edificio.

Este estudio servirá de base para que el Técnico designado por la empresa adjudicataria de la obra pueda realizar el Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, así como la propuesta de medidas alternativas de prevención, con la correspondiente justificación técnica y sin que ello implique disminución de los niveles de protección previstos y ajustándose en todo caso a lo indicado al respecto en el artículo 7 del R.D. 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

### **2. MEMORIA INFORMATIVA**

#### **2.1 DATOS DE LA OBRA Y ANTECEDENTES**

##### **2.1.1. EMPLAZAMIENTO**

La Instalación se encuentra entre las calles A y B de Torrijos (Toledo), según se aprecia en el plano de situación adjunto.

##### **2.1.2. DENOMINACION**

Se trata de acondicionar una línea subterránea de media tensión a 20 KV, centro de transformación de 400 KVA y red de baja tensión.

##### **2.1.3. PLAZO DE EJECUCION**

Se tiene programado un plazo de ejecución inicial de un mes.

#### **2.2. DESCRIPCION DE LA OBRA Y PROBLEMÁTICA DE SU ENTORNO**

##### **2.2.1. SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA**

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la Empresa constructora proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

##### **2.2.2. SUMINISTRO DE AGUA POTABLE**

En caso de que el suministro de agua potable no pueda realizarse a través de las conducciones habituales, se dispondrán los medios necesarios para contar con la misma desde el principio de la obra.





### **2.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL VERTIDO DE AGUAS SUCIAS A LOS SERVICIOS HIGIENICOS**

Se dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si es posible las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado existente en el lugar de las obras o en las inmediaciones.

Si no existe red de alcantarillado se dispondrá de un sistema que evite que las aguas fecales puedan afectar de algún modo al medio ambiente.

## **3. METODOLOGÍA**

A tal efecto se llevará a cabo una exhaustiva identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Del mismo modo se hará una relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

Tales riesgos irán agrupados por “Factores de Riesgo” asociados a las distintas operaciones a realizar durante la ejecución de la obra.

## **4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS**

Las diferentes tareas a realizar durante la ejecución de una obra llevan asociados una serie de riesgos ante los cuales deberán adoptarse unas medidas preventivas. En una obra relativa a un Proyecto de centro de transformación en edificio de obra civil, tales factores de riesgo son:

- Manipulación y transporte de materiales.
- Operaciones y trabajos en altura.
- Trabajos en centros de transformación.
- Puesta en servicio en frío.

### **4.1. FACTOR DE RIESGO: MANIPULACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES:**

Es el riesgo derivado del transporte de los materiales en el lugar de ejecución de la obra.

#### **4.1.1. RIESGOS ASOCIADOS**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Cortes.
- Caída de objetos.
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
- Atrapamiento.
- Confinamiento.
- Condiciones ambientales y señalización.
- Sobrecarga física.



#### **4.1.2. MEDIDAS PREVENTIVAS**

- Inspección del estado del terreno.
- Utilizar los pasos y vías existentes.
- Limitar la velocidad de los vehículos.
- Delimitación de puntos peligrosos (zanjas, pozos, etc).
- Respetar zonas señalizadas y delimitadas.
- Exigir y mantener orden.
- Precaución en transporte de materiales.
- Protecciones individuales a utilizar:
  - Guantes de protección.
  - Cascos de seguridad.
  - Botas de seguridad

#### **4.2.FACTOR DE RIESGO: OPERACIONES Y TRABAJOS EN ALTURA**

Es el riesgo derivado de la ejecución de trabajos de obra civil para la construcción de centros de transformación en edificio de obra civil.

##### **4.2.1. RIESGOS ASOCIADOS**

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Desplomes.
- Cortes.
- Sobrecarga física.

##### **4.2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS**

- Inspección del estado del terreno.
- Ascenso y descenso con medios y métodos seguros, (escaleras adecuadas y sujetas por su parte superior).
- Evitar posturas inestables con calzado.
- Cuerdas y poleas (si fuera necesario) para subir y bajar materiales.
- Evitar zona de posible caída de objetos.
- Usar casco de seguridad.
- Protecciones colectivas a utilizar:
  - Material de señalización y delimitación (cinta delimitadora, señales, etc).
  - Las propias de los trabajos a realizar.
  - Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.
- Protecciones individuales a utilizar:
  - Cinturón de seguridad.
  - Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.
  - Botas de seguridad o de trabajo.
  - Casco de barbuquejo.



### **4.3.FACTOR DE RIESGO: TRABAJOS EN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

Es el riesgo derivado de los centros de transformación para las personas cuando se encuentran en proximidad o en el interior de los mismos, ya sea por motivos de su actividad laboral o no.

#### **4.3.1. RIESGOS ASOCIADOS**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos.
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes.
- Choques y golpes.
- Proyecciones.
- Contactos eléctricos.
- Arco eléctrico.
- Explosiones.
- Incendios.
- Agresión de animales.
- Ventilación.
- Iluminación

#### **4.3.2. MEDIDAS PREVENTIVAS**

- Respetar la señalización y delimitación.
- Mantener las distancias de seguridad.
- Apantallar todas las partes con tensión cuando se deba acceder a distancias inferiores a las de seguridad.
- No almacenar objetos en el interior.
- Manipular y transportar los objetos alargados entre dos personas.
- Cumplimiento de las disposiciones legales existentes:
  - Mantenimiento de distancias en las instalaciones; entre elementos en tensión, estructuras metálicas, etc.
  - Puestas a tierra en buen estado.
  - Existencia de protección frente a sobreintensidades.
  - Existencia de protección ante incendios; fosos de recogida de aceites, muros cortafuegos, paredes, tabiques, pantallas, etc.
- Prevención de incendios mediante extintores y sistemas fijos de extinción.
- Prevención del riesgo de caídas:
  - Evitar derrames, suelos húmedos o resbaladizos (canalizaciones, desagües, pozos de evacuación, aislamientos, etc).
  - Mantener el centro ordenado y limpio.
  - Utilizar calzado antideslizante en caso de suelos resbaladizos.
  - Tapas de canaletas en buen estado y colocación.
  - Señalización y delimitación trampillas abiertas (C.T. Subterráneos).
- Protecciones colectivas a utilizar:
  - Circuito de puesta a tierra, protección contra sobreintensidades (cortacircuitos, fusibles e interruptores automáticos).
  - Protección contra sobretensiones (pararrayos, autoválvulas y



- explosores).
- Protección frente a incendios (extintores, instalaciones fijas, paredes incombustibles, fosos y muros cortafuegos).
- Protección frente a contactos eléctricos (pantallas macizas, enrejados, barreras, etc).
- Sistemas de ventilación (natural o forzada).
- Señalización y delimitación.
- Protecciones individuales a utilizar:
  - A nivel del suelo, colocarse sobre objetos aislantes (alfombra, banqueta, madera seca, etc).
  - Utilizar casco, guantes aislantes para B.T. y herramientas aisladas.
  - Utilizar gafas de protección cuando exista riesgo particular de accidente ocular.
  - Utilizar ropas secas y llevar ropa de lluvia en caso de lluvia. Las ropas no deben tener partes conductoras y cubrirán totalmente los brazos y las piernas.
  - Aislar, siempre que sea posible, los conductores o partes conductoras desnudas que estén en tensión, próximos al lugar de trabajo, incluido el neutro. El aislamiento se efectuará mediante fundas, telas aislantes, capuchones, etc.

#### **4.4. FACTOR DE RIESGO: PUESTA EN SERVICIO EN FRÍO**

Es el riesgo derivado de la puesta en servicio de un centro de transformación en edificio de obra civil habiéndose realizado previamente el descargo de la línea.

##### **4.4.1. RIESGOS ASOCIADOS**

- Caída de personas a distinto nivel.
- Cortes.
- Caída de objetos.
- Desplomes.
- Carga física.
- Contactos eléctricos.
- Arco eléctrico.
- Electrocución.

##### **4.4.2. MEDIDAS PREVENTIVAS**

- Las correspondientes a los trabajos en centros de transformación.
- Solicitud al jefe de explotación del descargo de la línea.
- Recepción, por parte del jefe del trabajo, de la confirmación del descargo de la línea.
- Comprobación de la ausencia de tensión con el detector de tensión.
- Efectuar la puesta a tierra de la instalación en ambos lados de la zona del entronque, de manera que el tramo objeto del descargo esté a tierra en todos los puntos del mismo.
- Antes de la reposición del servicio, efectuar un exhaustivo recuento de las personas implicadas en los distintos puntos de la obra.



- Protecciones colectivas a utilizar:
  - Material de señalización y delimitación (cinta delimitadora, señales, etc).
  - Detectores de ausencia de tensión.
  - Equipos de puesta a tierra y en cortocircuito.
  - Las propias de los trabajos a realizar.
  - Bolsa portaherramientas y cuerda de servicio.
- Protecciones individuales a utilizar:
  - Cinturón de seguridad.
  - Guantes de protección frente a riesgos mecánicos.
  - Botas de seguridad o de trabajo.
  - Casco de barbuquejo y guantes de seguridad.

## 5. CONCLUSIONES

El presente Estudio Básico de Seguridad precisa las normas genéricas de seguridad y salud aplicables a la obra de que trata el presente Proyecto. Identifica, a su vez, los riesgos inherentes a la ejecución de las mismas y contempla previsiones básicas e informaciones útiles para efectuar, en condiciones de seguridad y salud, las citadas obras.

No obstante lo anterior, toda obra que se realice bajo la cobertura de este Proyecto, deberá ser estudiada detenidamente para adaptar estos riesgos y normas generales a la especificidad de la misma, tanto por sus características propias como por las particularidades del terreno donde se realice, climatología, etc, y que deberán especificarse en el Plan de Seguridad concreto a aplicar a la obra, incluso proponiendo alternativas más seguras para la ejecución de los trabajos.

Igualmente, las directrices anteriores deberán ser complementadas por aspectos tales como:

- La propia experiencia del operario/montador.
- Las instrucciones y recomendaciones que el responsable de la obra pueda dictar con el buen uso de la lógica, la razón y sobre todo de su experiencia, con el fin de evitar situaciones de riesgo o peligro para la salud de las personas que llevan a cabo la ejecución de la obra.
- Las propias instrucciones de manipulación o montaje que los fabricantes de herramientas, componentes y equipos puedan facilitar para el correcto funcionamiento de las mismas.



PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR DE 400KVA Y RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN PARA EDIFICIO DE 24 VIVIENDAS

## *PRESUPUESTO*



## P R E S U P U E S T O

### 1. ESTADO DE MEDICIONES

CANTIDAD	DENOMINACIÓN
9,50 m/l	Zanja cruce calzada para M.T.
1,50 m/l	Zanja acera para M.T.
45 m/l	Zanja acera para B.T (2 líneas).
45 m/l	Zanja acera para B.T (1 línea).
37,5 m/l	Línea trifásica 12/20 kV, HEPRZ1, 1 x 150 mm <sup>2</sup> Al.
6 unid	Conectores enchufables celda M.T, 12/20 kV, 150 mm <sup>2</sup> Al.
1 unid	Edificio obra civil para C.T integrado.
1 unid	Centro de transformación de 400 KVA CTIN.
3 unid	Empalmes M.T 12/20 kV, 150 mm <sup>2</sup> Al.
164 m/l	Línea subterránea B.T (3 x 240) + (1 x 150) mm <sup>2</sup> Al, RV 0,6/1 KV.
4 unid	C.G.P 10 – 250/400 BUC.
4 unid	Toma a tierra neutro, red B.T.



## 2. PRECIOS UNITARIOS

<b>ZANJA CRUCE CALZADA PARA M.T.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
0,60 m <sup>2</sup>	Rotura de pavimento.	6,50
0,60 m <sup>3</sup>	Excavación.	9,50
0,18 m <sup>3</sup>	Relleno de hormigón H 125.	58,00
0,02 m <sup>3</sup>	Arena.	22,75
0,34 m <sup>3</sup>	Transporte tierras a vertedero.	8,20
4 m	Tubo de 160 Ø.	2,90
1 unid	Placa de protección.	4,15
0,03 m <sup>3</sup>	Reposición de asfalto.	175,00
1 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL ZANJA CALZADA PARA M.T.</b>		<b>69,29</b>

<b>ZANJA ACERA PARA M.T.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
0,60 m <sup>2</sup>	Rotura de loseta y hormigón.	6,50
0,60 m <sup>3</sup>	Excavación.	9,50
0,18 m <sup>3</sup>	Relleno de hormigón H 125.	58,00
0,02 m <sup>3</sup>	Arena.	22,75
0,34 m <sup>3</sup>	Transporte tierras a vertedero.	8,20
4 m	Tubo de 160 Ø.	2,90
1 unid	Placa de protección.	4,15
0,03 m <sup>3</sup>	Firme de hormigón.	58,00
0,60 m <sup>2</sup>	Loseta hidráulica.	3,40
1 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL ZANJA CALZADA PARA M.T.</b>		<b>67,82</b>

<b>ZANJA ACERA PARA B.T. (2 líneas)</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
0,40 m <sup>2</sup>	Rotura de loseta y hormigón.	6,50
0,32 m <sup>3</sup>	Excavación.	9,50
0,08 m <sup>3</sup>	Reposición de tierras.	17,50
0,02 m <sup>3</sup>	Arena.	22,75
0,16 m <sup>3</sup>	Transporte tierras a vertedero.	8,20
3 m	Tubos de 160 Ø.	2,90
1 unid	Placa de protección.	4,15
0,06 m <sup>3</sup>	Firme de hormigón.	58,00
0,40 m <sup>2</sup>	Loseta hidráulica.	3,40
0,30 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL ZANJA ACERA PARA B.T.</b>		<b>34,00</b>





<b>ZANJA ACERA PARA B.T. (1 línea)</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
0,40 m <sup>2</sup>	Rotura de loseta y hormigón.	6,50
0,32 m <sup>3</sup>	Excavación.	9,50
0,08 m <sup>3</sup>	Reposición de tierras.	17,50
0,02 m <sup>3</sup>	Arena.	22,75
0,16 m <sup>3</sup>	Transporte tierras a vertedero.	8,20
2 m	Tubos de 160 Ø.	2,90
1 unid	Placa de protección.	4,15
0,06 m <sup>3</sup>	Firme de hormigón.	58,00
0,40 m <sup>2</sup>	Loseta hidráulica.	3,40
0,30 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL ZANJA ACERA PARA B.T.</b>		<b>31,10</b>
<b>LÍNEA TRIFÁSICA 12/20 KV.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
3 m	Conductor HEPRZ1 12/20 kV, 1 x 150 mm <sup>2</sup> Al.	8,30
0,09 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL LÍNEA TRIFÁSICA 12/20 KV.</b>		<b>27,15</b>
<b>CONECTORES ENCHUFABLES CELDA M.T.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
1 unid	Conectores enchufables 12/20 kV, cable 150 mm <sup>2</sup> Al.	115,00
0,83 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL CONECTORES ENCHUFABLES CELDA M.T.</b>		<b>135,75</b>
<b>EDIFICIO OBRA CIVIL PARA C.T INTEGRADO.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
1 unid	Acondicionamiento de caseta con cerrajería y obra.	1.800,00
15 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL EDIFICIO OBRA CIVIL PARA C.T INTEGRADO</b>		<b>2.175,00</b>
<b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
1 unid	CTIN 400 KVA interior.	29.505,00
1 unid	Toma de tierra para neutro.	70,00
1 unid	Toma de tierra para herrajes.	80,00
1 unid	Placas de peligro de muerte, primeros auxilios y rotulación.	30,00
6 unid	Fusibles cuadro B.T, 315 A NH 2.	16,50
4 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL CENTRO DE TRENSTRFORMACIÓN DE 400 KVA.</b>		<b>29.884,00</b>



<b>EMPALMES M.T 12/20 KV.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
1 unid	Empalmes M.T 12/20 kV, 150 mm <sup>2</sup> Al.	140,00
0,33 unid	Excavación y reposición de terreno para empalmes.	190,00
0,33 unid	Descargo y agente de zona.	210,00
0,83 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL EMPALMES M.T 12/20 KV.</b>		<b>292,75</b>

<b>LÍNEA SUBTERRANEA B.T (3x240) + (1x150) mm<sup>2</sup>.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
3 m	Cable Al, RV 0,6/1 kV, 1 x 240 mm <sup>2</sup> .	3,85
1 m	Cable Al, RV 0,6/1 kV 1 x 150 mm <sup>2</sup> .	2,65
0,18 unid	Terminal Al, TDCS 240 mm <sup>2</sup> .	2,90
0,06 unid	Terminal Al, TDCS 150 mm <sup>2</sup> .	2,30
0,06 unid	Kit termoretractil, color.	2,50
0,22 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL LÍNEA SUBTERRÁNEA B.T (3x240)+(1x150) mm<sup>2</sup></b>		<b>20,51</b>

<b>C.G.P. (MECHINAL).</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
1 unid	C.G.P 10 – 250/400 BUC.	145,00
1 unid	Puerta metálica 1000 x 700.	110,50
1 unid	Cerradura norma Iberdrola.	37,00
1 unid	Hornacina tabicón 1/2 pie.	70,00
1 unid	Pegatina rotulación.	1,50
3 unid	Fusible 160 A NH 1.	13,25
1 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL C.G.P (MECHINAL).</b>		<b>428,75</b>

<b>TOMA TIERRA NEUTRO, RED B.T.</b>		<b>PRECIO UNITARIO</b>
1 unid	Cable cobre RV 0,6/1 kV, 1 x 150 mm <sup>2</sup> .	8,45
1 unid	Terminal cobre 50 mm <sup>2</sup> .	1,10
1 unid	Pica cobrizada 2 m, diámetro 14 mm.	16,50
1 unid	Brida bricomatada para pica T/T.	2,10
0,06 h	Mano de obra.	25,00
<b>TOTAL TOMA TIERRA NEUTRO, RED B.T.</b>		<b>29,65</b>



### 3. PRESUPUESTO TOTAL

CANTIDAD	DENOMINACIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
9,50 m/l	Zanja cruce calzada para M.T.	69,29	<b>658,26</b>
1,50 m/l	Zanja acera para M.T.	67,82	<b>101,73</b>
45 m/l	Zanja acera para B.T (2 líneas).	34,00	<b>1.530,00</b>
45 m/l	Zanja acera para B.T (1 línea).	31,10	<b>1.399,05</b>
37,5 m/l	Línea trifásica 12/20 kV, HEPRZ1, 1 x 150 mm <sup>2</sup> Al.	27,15	<b>1018,13</b>
6 unid	Conectores enchufables celda M.T, 12/20 kV, 150 mm <sup>2</sup> Al.	135,75	<b>814,50</b>
1 unid	Edificio obra civil para C.T integrado.	2.175,00	<b>2.175,00</b>
1 unid	Centro de transformación de 400 KVA CTIN.	29.884,00	<b>29.884,00</b>
3 unid	Empalmes M.T 12/20 kV, 150 mm <sup>2</sup> Al.	292,75	<b>878,25</b>
164 m/l	Línea subterránea B.T (3 x 240)+(1 x 150) mm <sup>2</sup> RV 0,6/1 KV.	20,51	<b>3.363,64</b>
4 unid	C.G.P 10 – 250/400 BUC.	428,75	<b>1.715,00</b>
4 unid	Toma a tierra neutro, red B.T.	29,65	<b>118,60</b>
<b>IMPORTE EJECUCIÓN MATERIAL .....</b>			<b>43.656,16</b>
<b>13 % GASTOS GENERALES</b>			<b>5.675,30</b>
<b>6 % BENEFICIO INDUSTRIAL</b>			<b>2.619,37</b>
<b>IMPORTE EJECUCIÓN CONTRATA .....</b>			<b>51.950,83</b>
<b>18 % IVA</b>			<b>9.351,15</b>
<b>TOTAL .....</b>			<b>61.301,98</b>

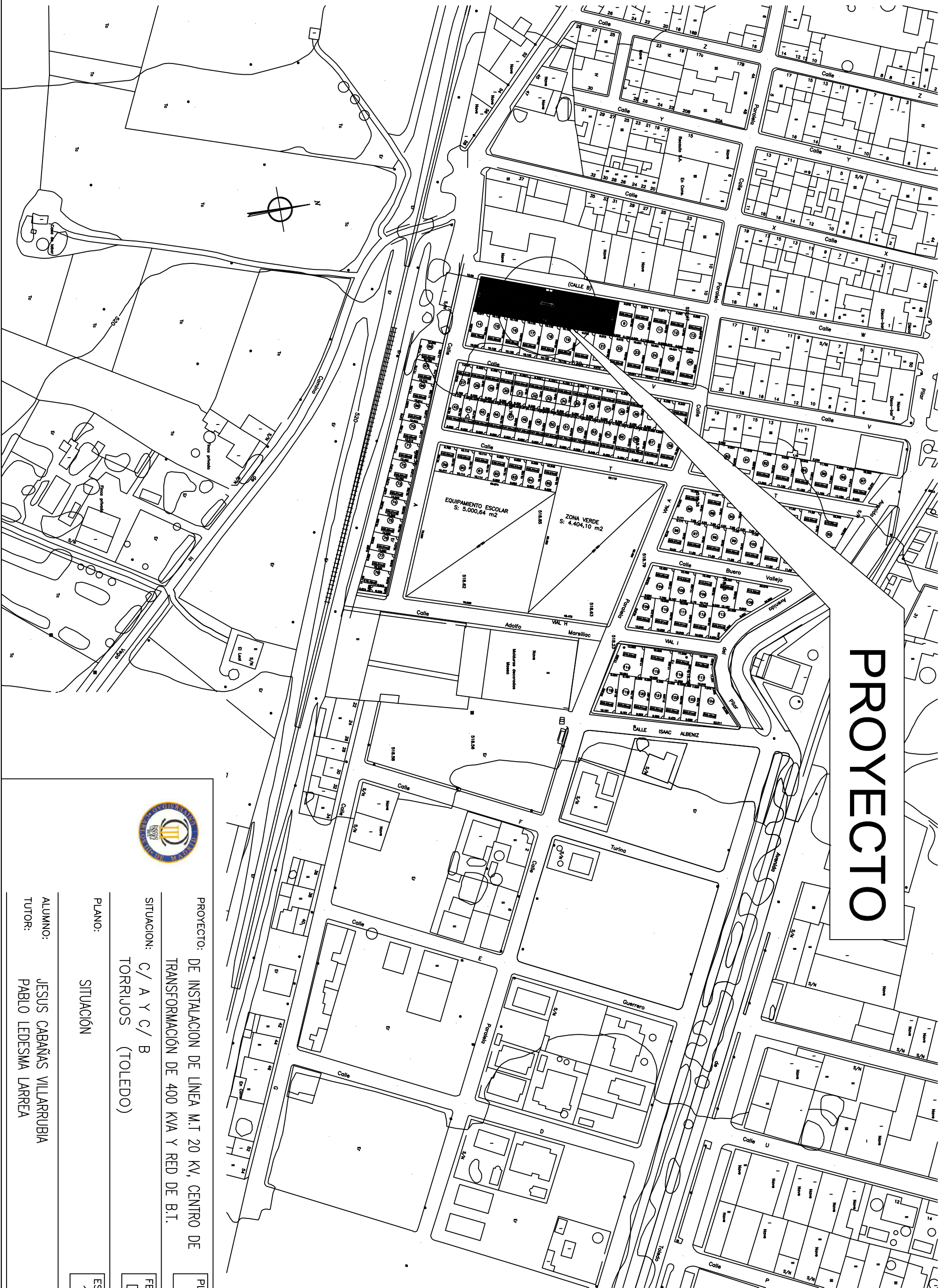
Asciende el presente presupuesto a la citada cantidad de **SESENTA y UNO MIL TRESCIENTOS UNO EUROS CON NOVENTA Y OCHO CENTIMOS DE EURO.**



*PROYECTO DE INSTALACIÓN DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN INTERIOR DE 400KVA Y RED SUBTERRÁNEA DE BAJA TENSIÓN PARA EDIFICIO DE 24 VIVIENDAS*

## *PLANOS*

# PROYECTO



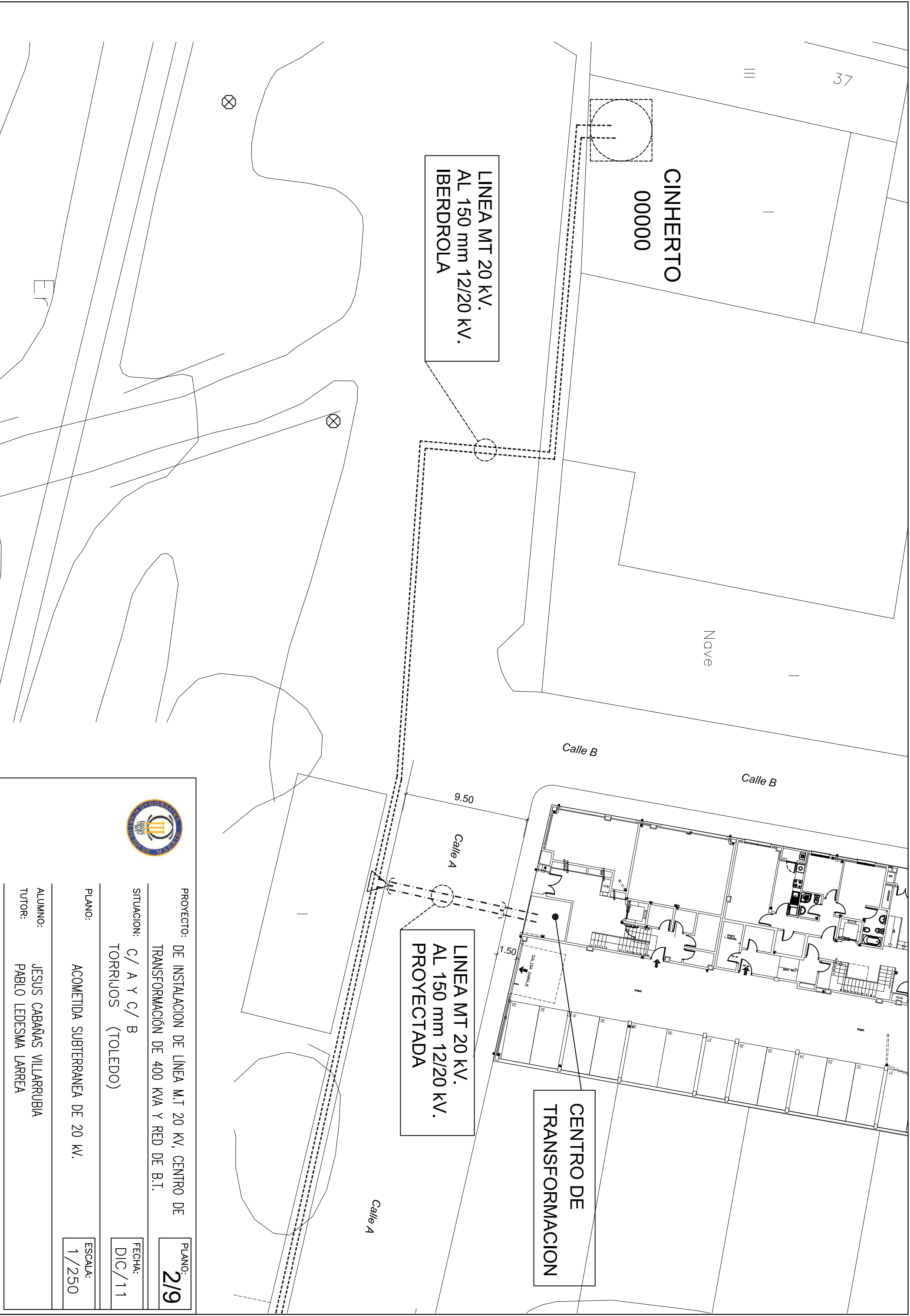
PROYECTO: DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.T.

SITUACION: C/ A Y C/ B  
TORRIJOS (TOLEDO)

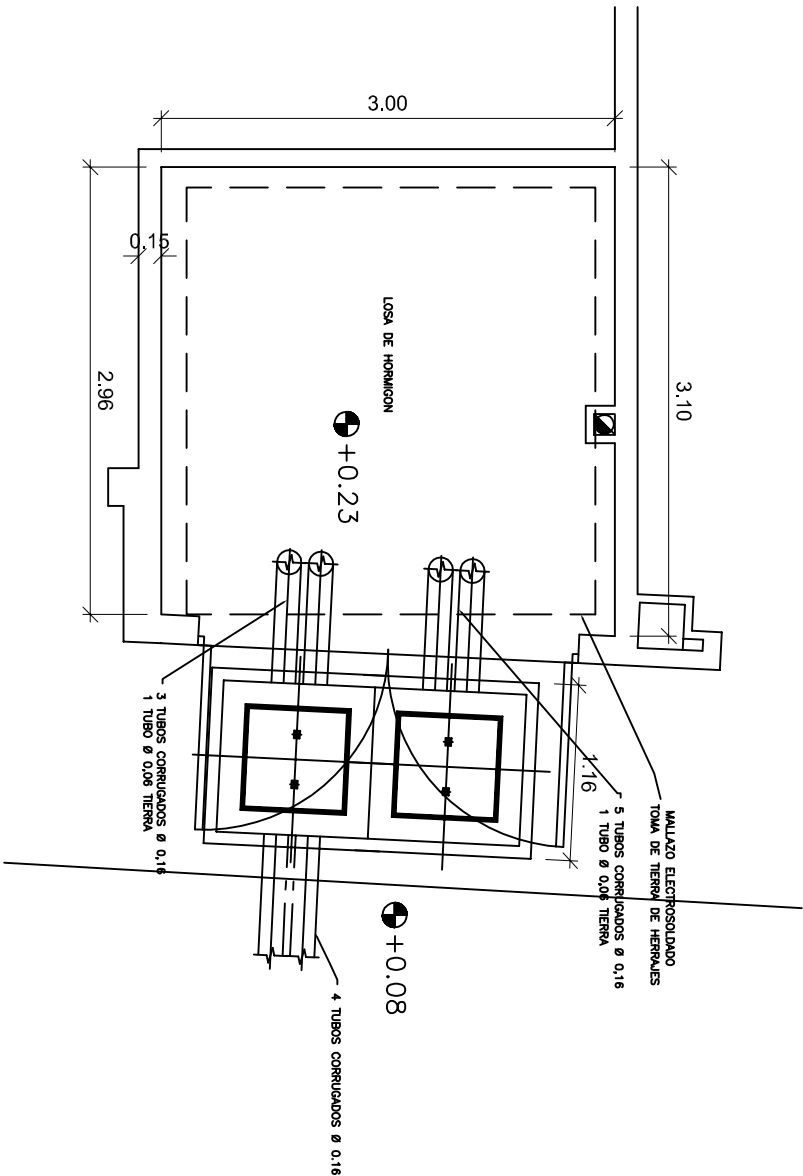
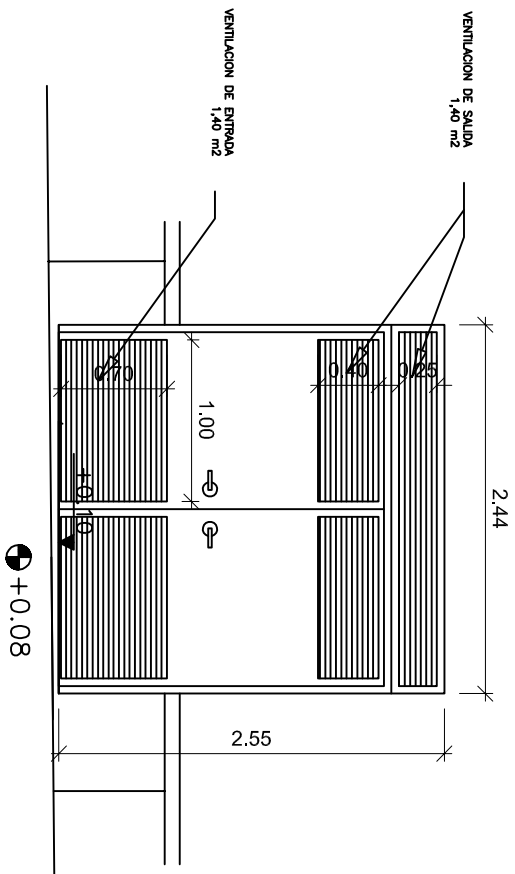
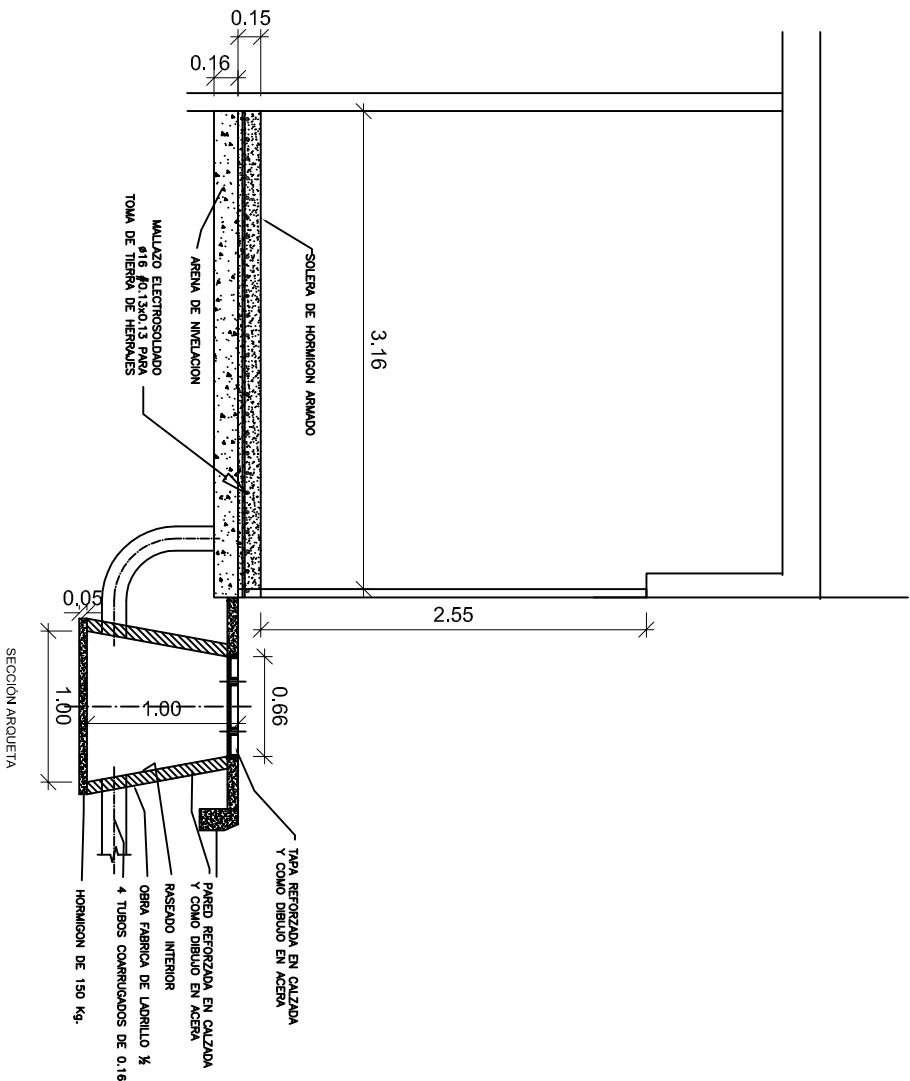
PLANO: SITUACIÓN

ALUMNO: JESUS CABAÑAS VILLARUBIA  
TUTOR: PABLO LEDESMA LARREA

PLANO: 1/9  
FECHA: DIC/11  
ESCALA: 1/2000







PROYECTO: DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.I.

SITUACION: C/ A Y C/ B TORRIJOS (TOLEDO)

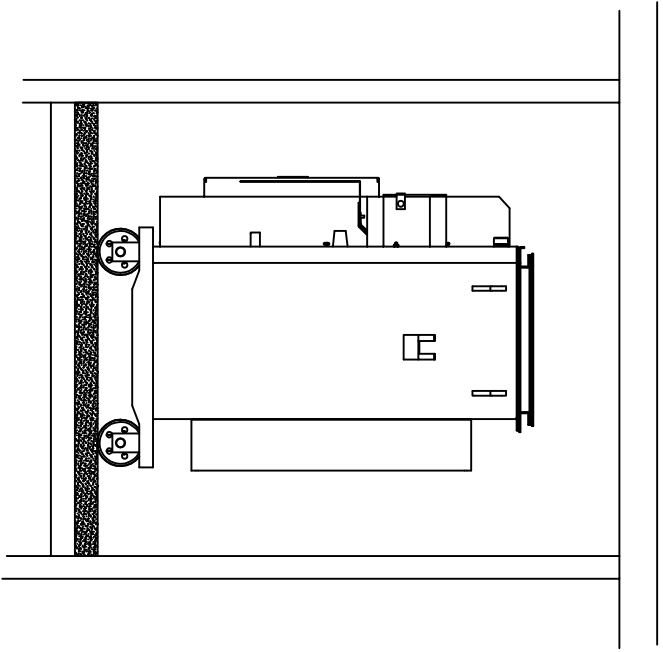
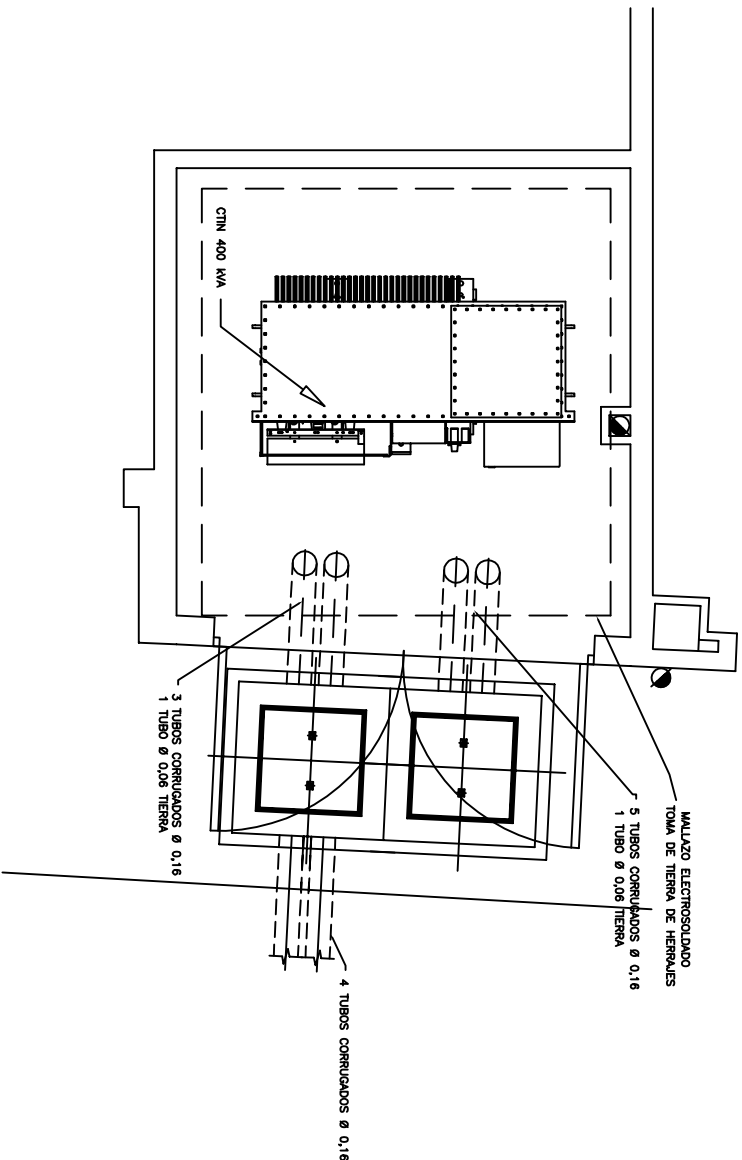
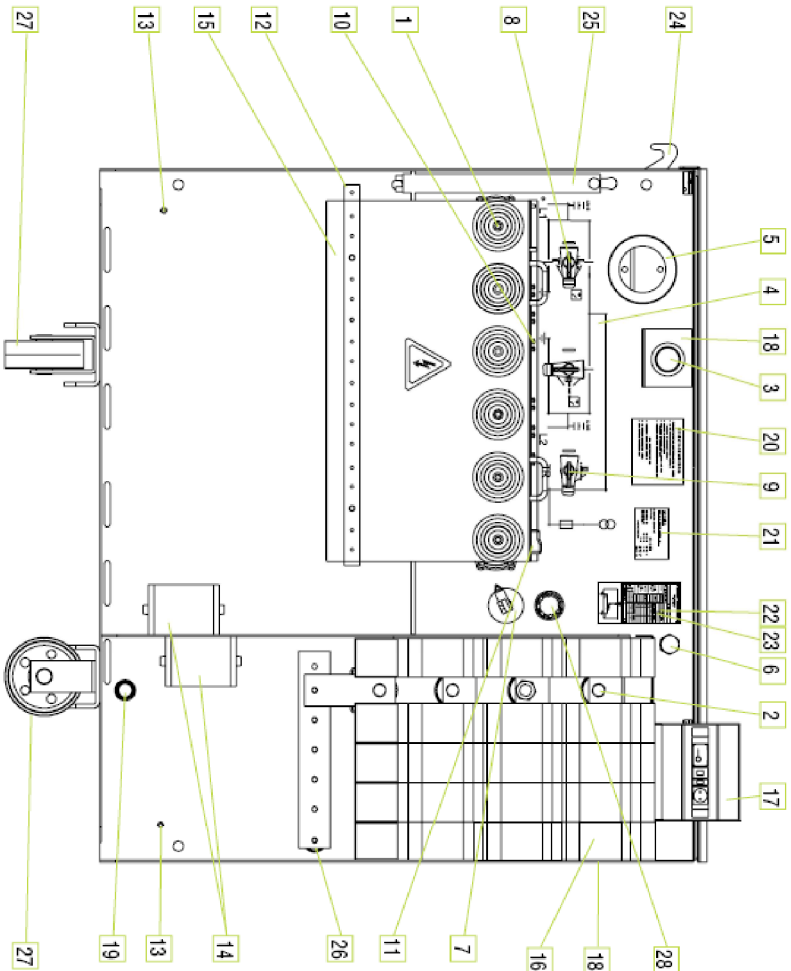
PLANO: CASITA OBRA CIVIL

ALUMNO: JESUS CABAÑAS VILLARUBIA  
TUTOR: PABLO LEDESMA LARREA

PLANO: 3/9

FECHA: DIC/11

ESCALA: 1/50

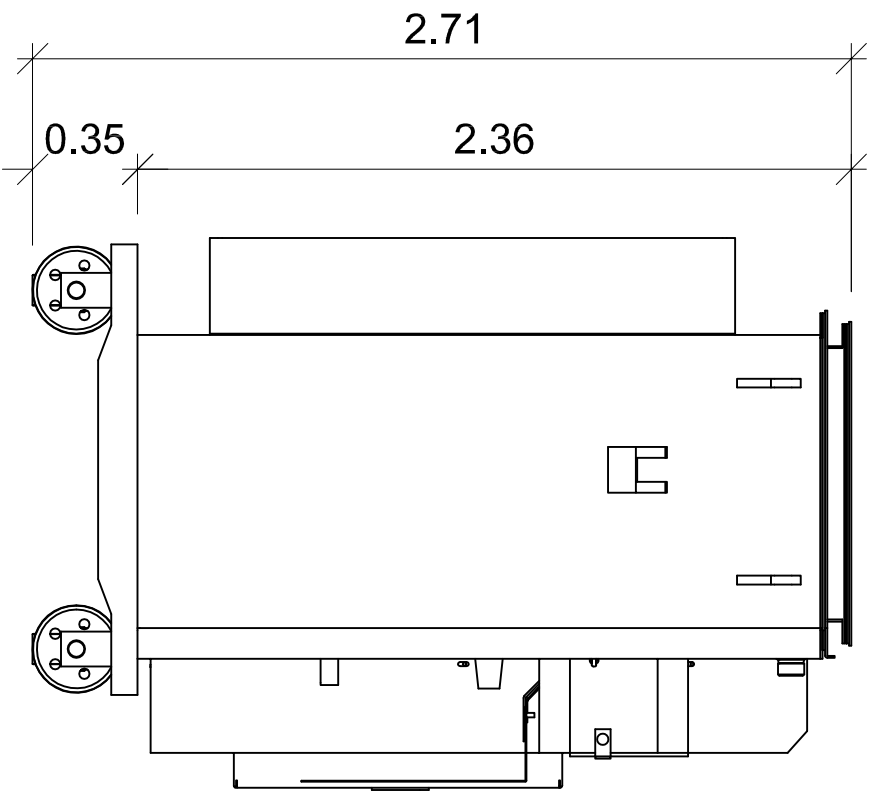
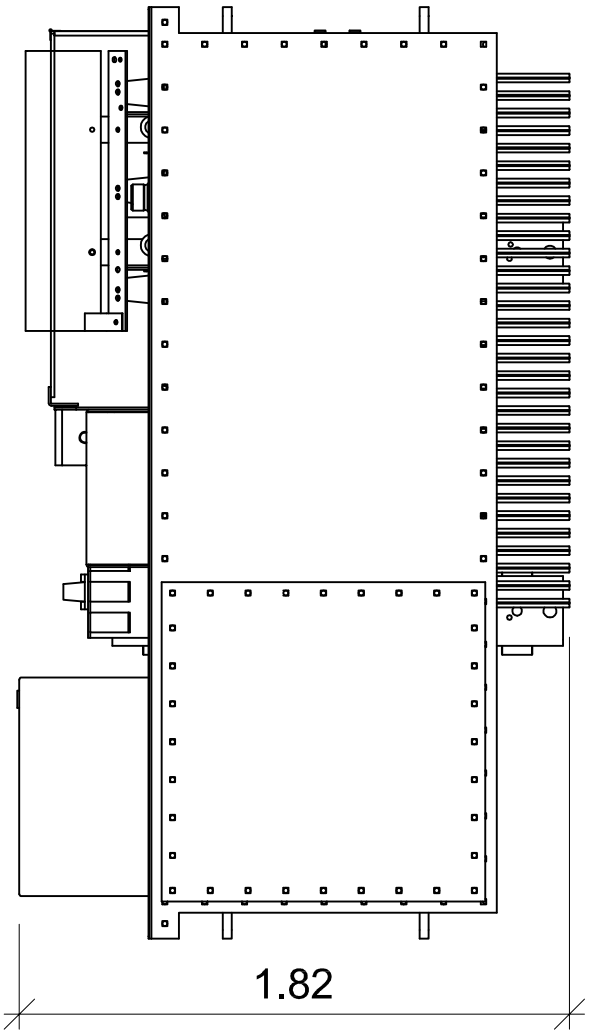
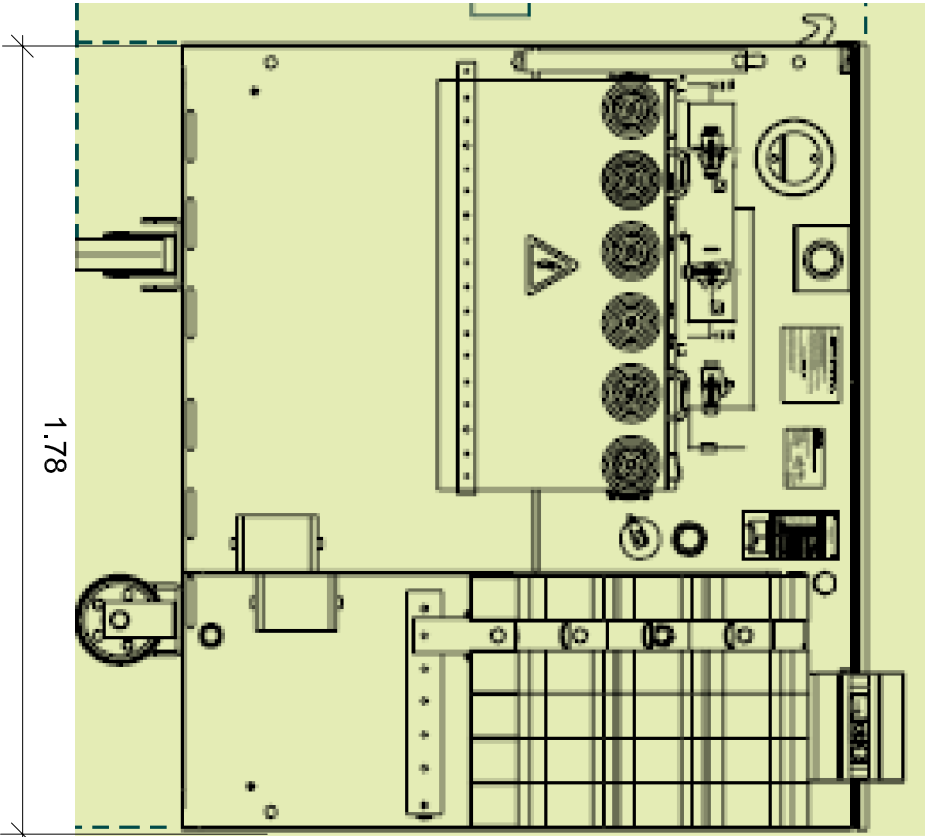


LEYENDA DEL C.T.

- 1 Bornas de A.T. enchufable
- 2 Bornas de B.T.
- 3 Valvula de sobrepresión
- 4 Esquema sinoptico
- 5 Nivel de aceite
- 6 Tapón de llenado
- 7 Regulador de tensiones en vacio
- 8 Interruptor-seccionador de línea y P.a.T.
- 9 Interruptor-seccionador de tensión en línea
- 10 Tomas de comprobación de tensión en línea
- 11 Led indicador de tensión en línea tipo IT-S
- 12 Pletina general de puesta a tierra
- 13 Terminales de puesta a tierra
- 14 Cajas de comprobación de tierras
- 15 Pantalla cubrebornas
- 16 Cuadro BT
- 17 Caja de control Cuadro BT
- 18 Policarbonatos de protección
- 19 Dispositivo de vaciado
- 20 Placa de secuencia de maniobras
- 21 Placa de identificación del centro del trafó
- 22 Placa de características
- 23 Placa de esquema unifilar
- 24 Gancho de elevación
- 25 Pértiga de accionamiento
- 26 Aisladores de apoyo
- 27 Ruedas (sólo modelos de interior)
- 28 Cambiador de tensión en AT (para CTIN bitensión)

PROYECTO:	DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.T.	PLANO:	4/9
SITUACION:	C/ A Y C/ B TORRIJOS (TOLEDO)	FECHA:	DIC/11
PLANO:	INSTALACION CASETA	ESCALA:	S/E
ALUMNO:	JESUS CABAÑAS VILLARUBIA		
TUTOR:	PABLO LEDESMA LARREA		





PESOS APROXIMADOS	
PESO INDIVISIBLE PARA EL TRANSPORTE	3110 Kg.
PESO PARTE ACTIVA A EXTRAER	1373 Kg.
PESO DEL TANQUE CON ACCESORIOS	1064 Kg.
PESO DEL ESTEROIL	673 Kg.
PESO DEL ARMARIO	0 Kg.
PESO TOTAL	3110 Kg.



PROYECTO: DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.I.

SITUACION: C/ A Y C/ B  
TORRIJOS (TOLEDO)

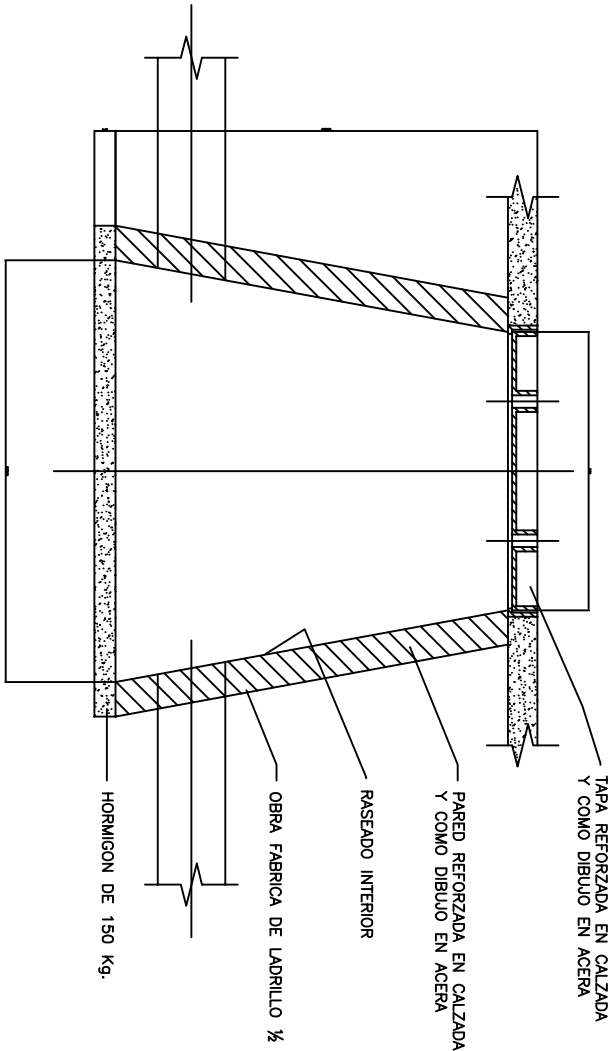
PLANO: CTIN 400 KVA

ALUMNO: JESUS CABAÑAS VILLARUBIA  
TUTOR: PABLO LEDESMA LARREA

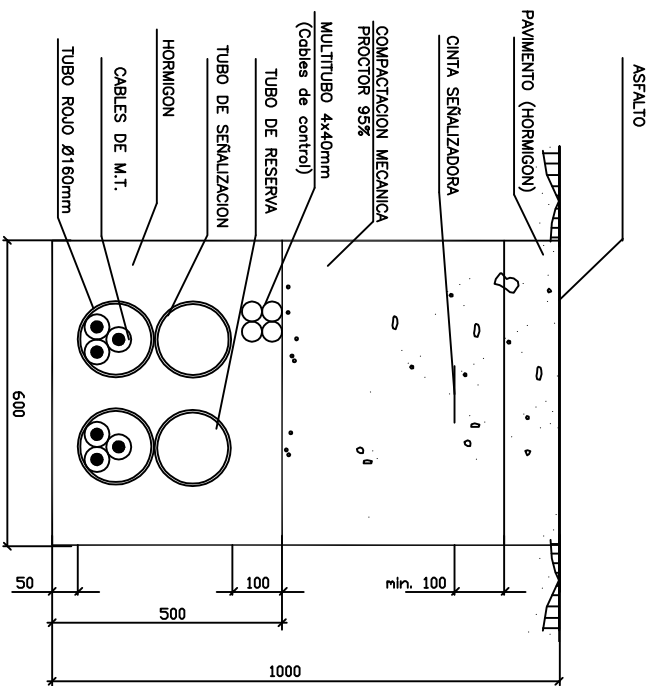
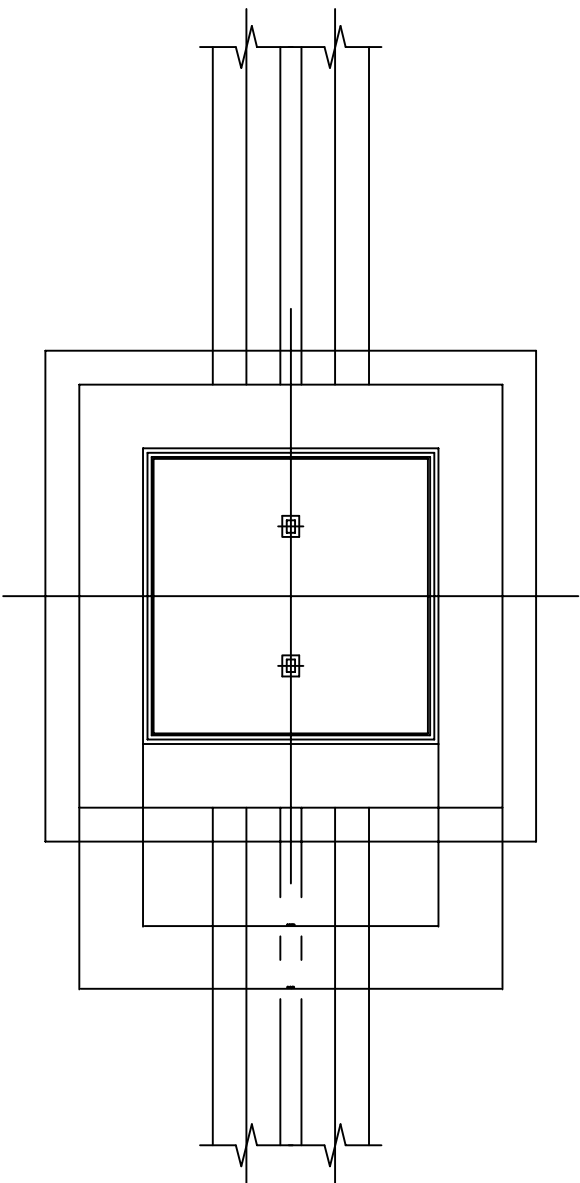
PLANO: 5/9

FECHA: DIC/11

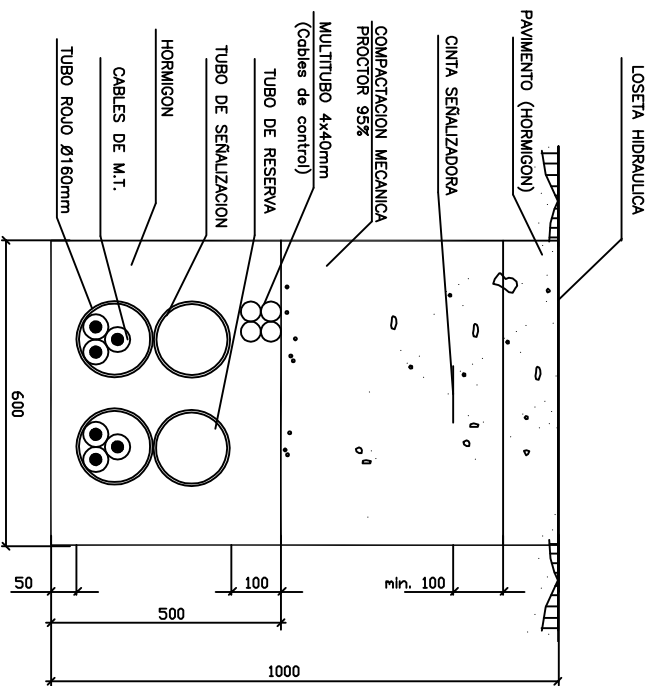
ESCALA: S/E



SECCIÓN ARQUETA



CRUCE DE CALLE (\*) COTAS EN MILIMETROS



ACERA (\*) COTAS EN MILIMETROS



PROYECTO: DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.T.

SITUACION: C/ A Y C/ B TORRIJOS (TOLEDO)

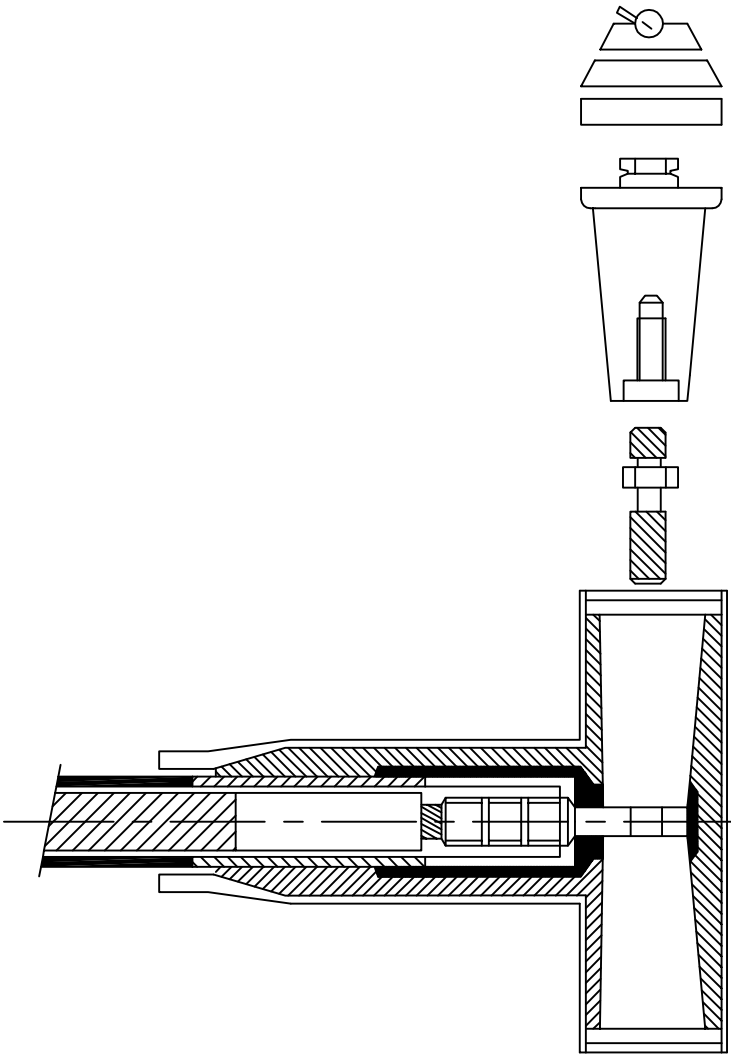
PLANO: ARQUETAS Y ZANJAS DE M.T.

ALUMNO: JESUS CABAÑAS VILLARUBIA  
TUTOR: PABLO LEDESMA LARREA

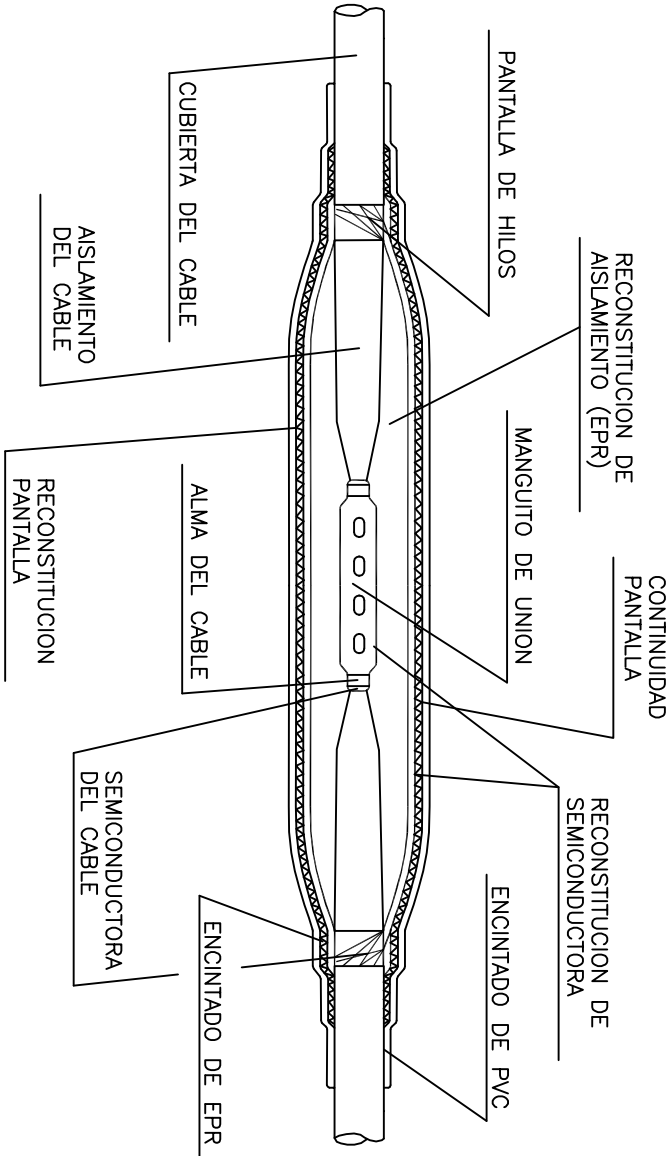
PLANO: 6/9

FECHA: DIC/11

ESCALA: S/E

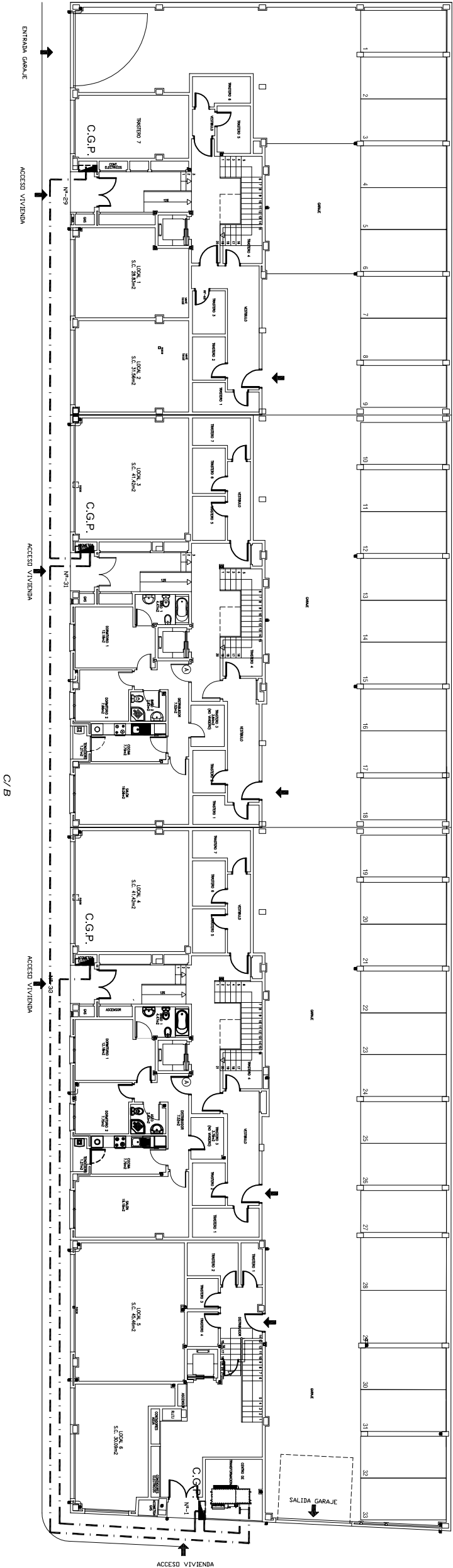


TERMINAL ENCHUFABLE APANTALLADO



EMPALME UNIPOLAR CONDUCTOR 12/20 kV

PROYECTO:	DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.T.	PLANO:	7/9
SITUACION:	C/ A Y C/ B TORRIJOS (TOLEDO)	FECHA:	DIC/11
PLANO:	TERMINAL Y EMPALME	ESCALA:	S/E
ALUMNO:	JESUS CABAÑAS VILLARUBIA		
TUTOR:	PABLO LEDESMA LARREA		



C/ B, Nº 29

SERV. GENERALES  
6 VIVIENDAS  
49.680 W.  
11.500 W.  
LOCALES  
-- 78.500 W.  
POT. TOTAL

C/ B, Nº 31

SERV. GENERALES  
7 VIVIENDAS  
57.040 W.  
5.750 W.  
LOCALES  
-- 80.110 W.  
POT. TOTAL

C/ B, Nº 33

SERV. GENERALES  
7 VIVIENDAS  
57.040 W.  
5.750 W.  
LOCALES  
-- 80.110 W.  
POT. TOTAL

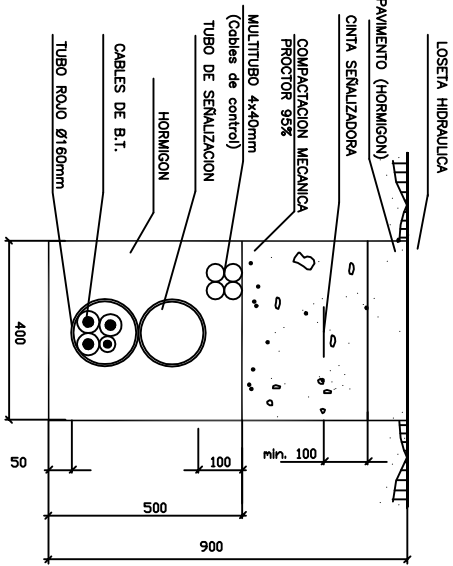
C/ A, Nº 1

SERV. GENERALES  
1 VIVIENDA  
34.750 W.  
3.750 W.  
GARAJE  
LOCALES  
11.500 W.  
-- 60.250 W.  
POT. TOTAL

## LEYENDA

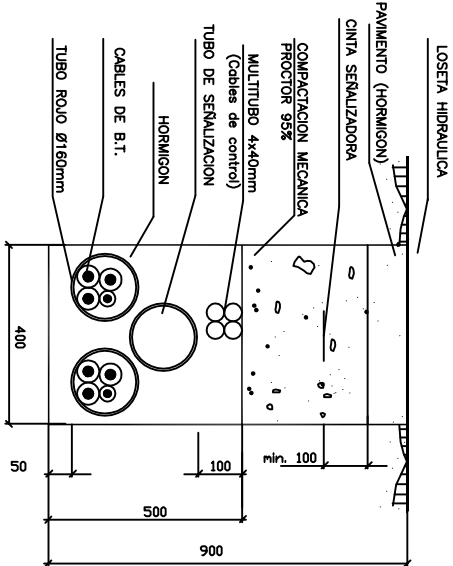
CAJA GENERAL DE PROTECCION

CONDUCTOR AL 3(1x240)+1x150 mm<sup>2</sup>



ACERA

CS CONCRETO DE ALUMINIO



ACERA

CS CONCRETO DE ALUMINIO



PROYECTO: DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.T.

SITUACION: C/ A Y C/ B  
TORRIJOS (TOLEDO)

PLANO: RED DE BAJA TENSION

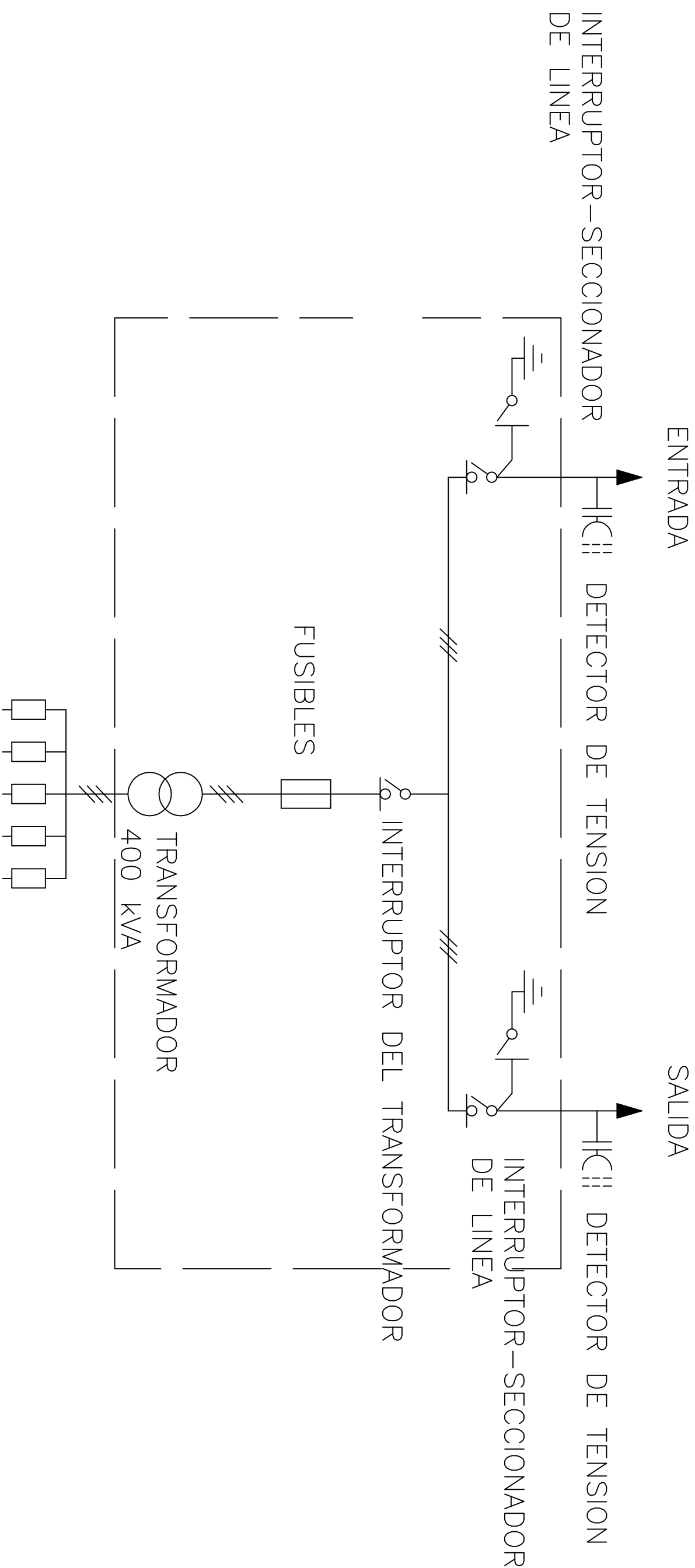
ALUMNO: JESUS CABAÑAS VILLARUBIA  
TUTOR: PABLO LEDESMA LARREA

PLANO: 8/9

FECHA: DIC/11

ESCALA: 1/250

## CANALIZACION ENTUBADA



CUADRO DE BT

# ESQUEMA UNIFILAR CTIN COMPAÑIA



PROYECTO: DE INSTALACION DE LINEA M.T 20 KV, CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE 400 KVA Y RED DE B.T.

SITUACION: C/ A Y C/ B TORRIJOS (TOLEDO)

PLANO: ESQUEMA UNIFILAR

ALUMNO: JESUS CABAÑAS VILLARUBIA

TUTOR: PABLO LEDESMA LARREA

PLANO: 9/9

FECHA: DIC/11

ESCALA: S/E